



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

صالح سیفی برنجستانی^۱، ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی^{۲*}، حسین اورجی^۲، ناصر آق^۳

۱. دانش‌آموخته 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 آرتمیآ و آیزی پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۸

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 طولی 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 سه‌خال گردید.

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



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 Berenjestanaki¹, Abolghasem Esmaeili Fereidouni^{2*}, Hossein Ouraji², Naser Agh³

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

۱. مقدمه

مستقیماً 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 معمولاً 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 آبی‌پروری در ماهیان تجاری (خوراکی و یا زینتی) بخصوص در گونه‌های مدل برخوردار است. ماهی گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) ماهی زینتی آب شیرین (خانواده آبانانثیده) است که در مدت ۳-۶ ماه به بلوغ رسیده و در بسیاری از مطالعات از جمله کنترل بلوغ در ماهی، اکوتوکسیکولوژی، تولیدمثلی، تغذیه‌ای و ژنتیکی بعنوان یک ماهی مدل محسوب می‌شود

ماهیان توانایی ساخت و سنتز گروه سری‌های n-3 و n-6 از 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 نتیجتاً 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 طول‌سازی اسید لینولئیک به آراشیدونیک و اسید لینولنیک به EPA (Eicosapentaenoic acid) و نهایتاً DHA (Docosahexaenoic acid) را دارند؛ ولی این قابلیت به بیان ژن آنزیم‌های غیراشباع‌ساز و طول‌ساز (مانند $\Delta 5$ و $\Delta 6$) 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 مقادیر بهینه 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

روز در آکواریوم‌های ۸۰ لیتری با دمای بین ۲۶-۲۸ 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.

(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 (منحصراً تهیه شده از روغن‌های گیاهی) در دوره قبل از تولیدمثل جهت تولید مولدین پرورشی ماهی گورامی سه‌خال بر شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل غذایی، و شاخص‌های احشایی و کبدی متمرکز گردید.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیه و سازش پذیری 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

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*)

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

* 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*)

نسبت‌های اسید چرب لینولئیک به لینولنیک (LA/LNA)						اسید چرب
۸	۴	۲	۱	۰/۵	شاهد	
۱/۰±۶۳/۷۹ ^b	۱/۰±۵۸/۷۶ ^b	۱/۰±۵۲/۸۱ ^b	۱/۰±۱۴/۶۶ ^b	۲/۰±۱۲/۸۹ ^a	۱/۰±۵۷/۲۷ ^b	C14:0
۲۴/۱±۰۱/۵۲ ^a	۲۰/۱±۵۷/۳۹ ^b	۲۰/۱±۵۶/۴۶ ^b	۲۰/۱±۰۱/۸۵ ^b	۱۴/۱±۵۴/۲۸ ^c	۱۷/۱±۵۷/۴۲ ^{bc}	C16:0
۷/۰±۸۸/۸۱ ^a	۷/۰±۵۶/۸۹ ^a	۷/۰±۴۹/۹۳ ^a	۲/۰±۳۵/۷۴ ^a	۷/۱±۶۴/۲۴ ^a	۷/۱±۳۵/۲۱ ^a	C18:0
۰/۰±۷۱/۰۵ ^a	۰/۰±۴۲/۰۳ ^a	۰/۰±۵۳/۰۴ ^a	۰/۰±۴۲/۰۵ ^a	۰/۰±۳۴/۰۷ ^a	۰/۰±۳۲/۰۷ ^a	C20:0
۰/۰±۸۹/۰۵ ^a	۰/۰±۷۲/۰۳ ^a	۰/۰±۸۱/۰۴ ^a	۰/۰±۵۲/۰۴ ^a	۰/۰±۶۴/۰۶ ^a	۰/۰±۰۳/۰۰ ^a	C22:0
۰/۰±۲۸/۰۱ ^a	۰/۰±۱۶/۰۱ ^a	۰/۰±۱۵/۰۱ ^a	۰/۰±۰۵/۰۱ ^a	۰/۰±۲۴/۰۴ ^a	۰/۰±۲۱/۰۸ ^a	C24:0
۴/۲۳±۳۵/۳ ^a	۰/۱۱±۳۱/۳ ^a	۸۸/۲۹±۳۰/۳ ^a	۴۹/۳۵±۲۹/۳ ^{ab}	۵۲/۵۸±۲۵/۳ ^b	۲۷/۰۵±۵۵/۳ ^b	ΣSFA
۰/۰±۰۹/۰۱ ^a	۰/۰±۳۵/۰۱ ^a	۰/۰±۴۳/۰۱ ^a	۰/۰±۰۷/۰۱ ^a	۰/۰±۰۷/۰۱ ^a	۰/۰±۰۸/۰۱ ^a	C14:1n5
۱/۰±۰۸/۰۹ ^a	۰/۰±۴۲/۰۳ ^b	۰/۰±۵۱/۰۴ ^b	۰/۰±۲۶/۰۵ ^b	۰/۰±۲۶/۰۵ ^b	۰/۰±۳۹/۰۸ ^b	C16:1n7
۲/۰±۱۴/۸۳ ^a	۱/۰±۶۱/۶۳ ^b	۰/۰±۹۶/۰۳ ^c	۱/۰±۰۶/۰۶ ^b	۱/۰±۲۱/۰۴ ^b	۱/۰±۰۲/۰۲ ^b	C18:1n7
۲۳/۰±۸۵/۹۴ ^b	۲۲/۰±۸۷/۸۲ ^b	۲۲/۰±۹۸/۷۳ ^b	۲۳/۰±۰۶/۸۵ ^b	۲۵/۰±۰۲/۹۱ ^a	۲۵/۰±۶۲/۸ ^a	C18:1n9
۰/۰±۷۶/۴۳ ^b	۱/۰±۰۶/۶۱ ^a	۱/۰±۶۴/۸۱ ^a	۱/۰±۰۳/۶۳ ^a	۰/۰±۸/۰۴ ^b	۱/۰±۹۸/۲۴ ^a	C20:1n9
۰/۰±۷۳/۰۱ ^a	۰/۰±۰۹/۰۰ ^a	۰/۰±۰۸/۰۰ ^a	۰/۰±۰۶/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۴/۰۰ ^a	C22:1n9
۰/۰±۲/۰۱ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۳۴/۰۳ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۲۲/۰۷ ^a	C24:1n9
۸۵/۳۲±۲۸/۳ ^a	۴۱/۱۰±۲۶/۳ ^a	۹۴/۶۵±۲۵/۱ ^a	۵۴/۶۰±۲۵/۱ ^a	۳۸/۰۵±۲۷/۱ ^a	۳۵/۲۲±۲۹/۱ ^a	ΣMUFA
۴۱/۱±۲۵/۹۶ ^a	۳۱/۱±۳۵/۸۱ ^a	۲۵/۱±۰۴/۶۷ ^b	۱۸/۱±۲۸/۲۸ ^b	۱۲/۱±۸۷/۱۳ ^c	۱۰/۱±۵۸/۰۸ ^c	C18:2n6cis
۰/۰±۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۹/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	C20:2n6
۵/۰±۱۲/۹۱ ^c	۷/۱±۹۸/۱۰ ^c	۱۲/۱±۰۱/۰۴ ^b	۱۵/۱±۷۸/۱۳ ^b	۲۶/۱±۵۶/۷۵ ^a	۲۴/۱±۹۸/۴۸ ^a	C18:3n3
۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۹/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۵/۰۰ ^a	C20:3n3
۰/۰±۰۶/۰۰ ^a	۰/۰±۰۳/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	۰/۰±۰۱/۰۰ ^a	C20:4n6
۰/۰±۲۵/۰۱ ^a	۰/۰±۲/۰۱ ^a	۰/۰±۱۵/۰۱ ^a	۰/۰±۰۳/۰۰ ^a	۰/۰±۱۲/۰۰ ^a	۰/۰±۰۷/۰۰ ^a	C20:5n3
۰/۰±۲/۰۱ ^a	۰/۰±۲۵/۰۱ ^a	۰/۰±۱۷/۰۱ ^a	۰/۰±۰۵/۰۰ ^a	۰/۰±۱۱/۰۳ ^a	۰/۰±۰۶/۰۰ ^a	C22:6n3
۹۹/۸۹±۴۶/۳ ^a	۸۳/۸۴±۳۹/۳ ^a	۵۶/۳۷±۳۷/۳ ^b	۱۷/۴۱±۳۴/۳ ^b	۶۹/۹۱±۳۹/۳ ^a	۷۶/۵۶±۳۵/۳ ^b	ΣPUFA
۳۱/۴۷±۲/۰ ^a	۶۶/۶۳±۱/۰ ^b	۵۷/۸۶±۲/۰ ^a	۲۱/۶۳±۱/۰ ^b	۰۸/۰۷±۱/۰ ^b	۴۴/۳۱±۲/۰ ^a	ΣHUFA
۵۸/۹۳±۵/۰ ^c	۴۴/۰۳±۸/۱ ^c	۴۲/۰۶±۱۲/۱ ^b	۷۸/۱۳±۱۵/۱ ^b	۸/۷۸±۲۶/۱ ^a	۱۶/۴۸±۲۵/۱ ^a	Σn-3
۴۱/۹۶±۴۱/۱ ^a	۳۹/۸۱±۳۱/۱ ^b	۱۴/۶۷±۲۵/۱ ^b	۳۲/۲۸±۱۸/۱ ^c	۸۹/۱۳±۱۲/۱ ^c	۶/۰۸±۱۰/۱ ^c	Σn-6
۱۳/۴۷±۰/۰ ^b	۲۶/۵۶±۰/۰ ^b	۴۹/۶۳±۰/۰ ^b	۸۶/۸۸±۰/۰ ^b	۰۷/۵۷±۲/۱ ^a	۳۷/۳۷±۲/۱ ^a	n-3/n-6
۸/۱±۱/۱ ^a	۳/۰±۹/۹۱ ^b	۲/۰±۱/۵۷ ^b	۱/۰±۱۵/۲۹ ^b	۰/۰±۵/۲۱ ^c	۰/۰±۴/۱۹ ^c	LA/LNA

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.

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

۲.۳. تیمارهای آزمایشی

تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی نوجوان ماده (با توجه به شکل باله پشتی) از آکواریوم‌های مرحله سازش‌پذیری انتخاب و

Feed conversion (ADGR)، ضریب تبدیل غذایی (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):

$$WG (\%) = [(W_f - W_i) / W_i] \times 100$$

$$LG (\%) = [(L_f - L_i) / L_i] \times 100$$

$$WSGR (\% / \text{day}) = [(\ln W_f - \ln W_i) / T] \times 100$$

$$LSGR (\% / \text{day}) = [(\ln L_f - \ln L_i) / T] \times 100$$

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

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

$$CF = W_f / (L_f)^3 \times 100$$

$$VSI (\%) = [g] \text{ وزن تر بدن } / [g] \text{ وزن امعاء و احشاء} \times 100$$

$$HSI (\%) = [g] \text{ وزن تر بدن } / [g] \text{ وزن کبد} \times 100$$

در روابط، W_f و L_f 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-Smirnov 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.

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 ۲۷-۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۷/۱۲ بود و سایر شاخص‌های 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، زیست‌سنجی‌ها 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;)

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) حدوداً 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 تقریباً مشابهی نشان دادند، به طوریکه مقادیر هر دو شاخص از تیمار شاهد تا نسبت معادل ۲ افزایش ولی روند کاهش معنادار را در نسبت‌های ۴ و ۸ نشان داد ($p < 0.05$). کمترین میزان FCR (۸۷-۱/۲) 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).

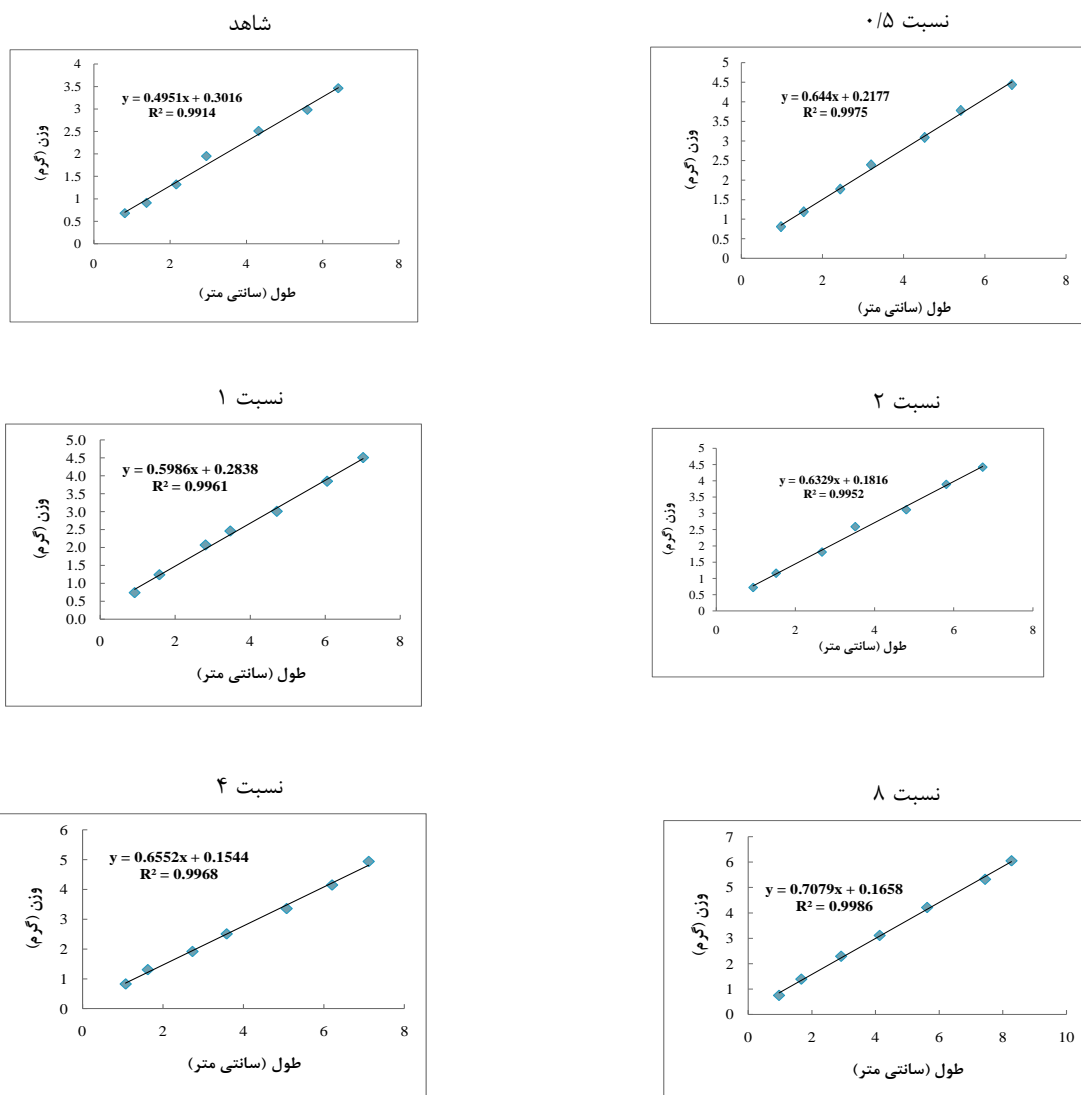
جدول ۳- شاخص‌های رشدی، ضریب تبدیل غذایی، شاخص‌های کبدی و احشایی (میانگین \pm خطای استاندارد) در ماهیان ماده گورامی سه‌خال (*Trichopodus trichopterus*) تغذیه شده با نسبت‌های مختلف از LA/LNA در انتهای دوره پرورش (۹۰ روز)

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

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

LA/LNA نشان از وجود همبستگی بالای بین متغیرهای وزن با طول بدن ماهیان ماده داشت (نمودار ۱).

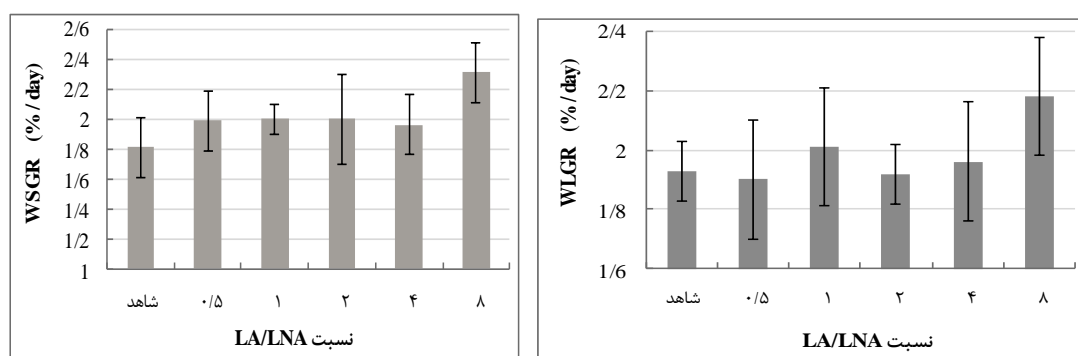
ضرایب رگرسیونی بین وزن و طول بدن ماهی گورامی سه‌خال در طول دوره پرورش در کلیه سطوح از نسبت



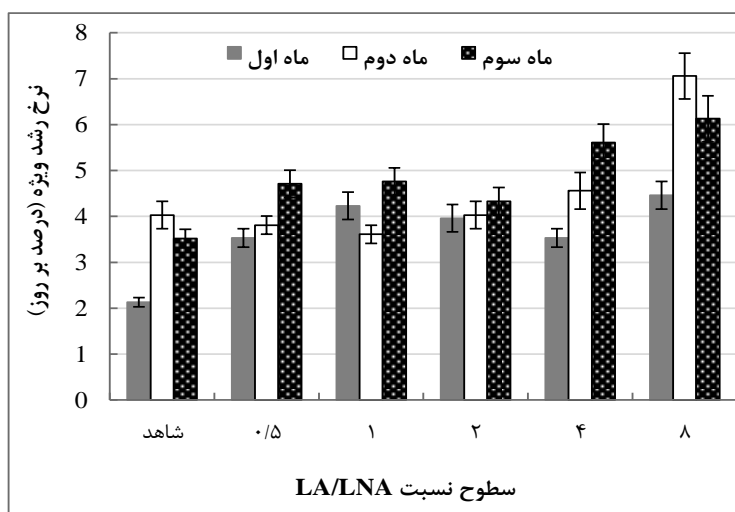
نمودار ۱- روابط رگرسیونی وزن بدن- طول بدن در ماهیان ماده گورامی سه خال (*Trichopodus trichopterus*) تغذیه شده با سطوح مختلف از نسبت‌های LA/LNA در انتهای دوره پرورش

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).

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



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

۴. بحث

(Sankian *et al.*, 2019). علی‌رغم این محدودیت‌ها، ضرورت انجام چنین مطالعاتی در گونه‌های مدل از آبزبان (از جمله ماهیان زینتی) می‌تواند نویدهای امیدبخشی در آبی‌پروری 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،

تلاش‌های وسیعی در گنجاندن سطوح و یا نسبت‌های اسیده‌های چرب شاخص در روغن‌های گیاهی LA و LNA بجای روغن ماهی در جیره آبزبان صورت گرفته است؛ ولی این روند در اکثر موارد منجر به تغییر در ترکیب اسیده‌های چرب ضروری در بدن، کاهش اسیده‌های چرب غیراشباعی بلند رنجیره، کاهش و یا تغییر در عملکرد فیزیولوژیکی اسیده‌های چرب در ماهیان و تغییر در کیفیت و طعم فیله ماهیان گردید (Bahurmiz and Ng, 2007; Thanuthong *et al.*, 2011; Yildiz *et al.*, 2018;

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 احتمالاً بتوانند اثرات منفی بر شاخص‌های رشدی ایجاد نمایند که صحت آن به تحقیقات بیشتر در آینده نیاز دارد. دلایل 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 LC-PUFA n-3 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 منحصر 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؛ باین‌حال 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

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 *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

همکاران (۲۰۰۹) در گربه ماهی زرد (*P. fulvidraco*) گزارش گردید بطوریکه تغییرات چندانی در مقادیر FCR با افزایش نسبت LA/LNA در جیره (۰/۱۴، ۰/۲۳، ۰/۴۷، ۰/۸۵ و ۲/۸۶) در سطوح پایین مشاهده نشد ولی روند مطلوبتری در سطوح بالاتر دیده شد. همچنین در مطالعه حاضر، میزان شاخص‌های HSI و VSI با افزایش نسبت LA/LNA تا سطح مشخصی افزایش و در سطوح بالاتر کاهش یافتند. میزان HSI با افزایش LA/LNA تا سطح معادل ۲ افزایش یافته ولی در سطوح ۴ و ۸ کاهش معناداری نشان دادند؛ بطوریکه میزان HSI در نسبت ۸ تقریباً نصف میزان آن در گروه شاهد (۰/۴۹ در مقایسه با ۰/۸۶ درصد) بود. چنین روندی در برخی موارد با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد. بعنوان مثال، شاخص HSI و VSI در ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idellus*) در مطالعه Chen و همکاران (۲۰۱۹) با افزایش سطح LA جیره کاهش یافت. همچنین Xiao و همکاران (۲۰۰۹) در گربه ماهی زرد (*P. fulvidraco*) بیان کردند که با افزایش میزان LA/LNA (سطح ۱۴/۶۴) شاخص‌های HSI و VSI کاهش می‌یابند. اصولاً اسیدهای چرب گروه n-3 تمایل بالاتری به فرآیند غیراشباع‌سازی و طول‌سازی دارند (Tocher et al., 2002; Blanchard et al., 2008) و این محققین افزایش HSI و VSI در سطوح پایین‌تر LA/LNA را به افزایش فعالیت در مسیرهای اشباع‌سازی و طول‌سازی آسیدهای چرب در کبد ماهیان تغذیه شده با میزان بالای LNA در جیره نسبت دادند.

۵. نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اولاً روغن ماهی در جیره می‌تواند با سطح (سطوح) مناسب از نسبت‌های دو اسید چرب LA و LNA در روغن‌های گیاهی بدون اثرات منفی بر عملکرد رشد، تغذیه، و شاخص‌های کبدی و احشایی در ماهی گورامی سه‌خال جایگزین گردد و جیره‌های با نسبت‌های LA/LNA معادل ۴ و ۸ عملکرد

می‌توان احتمالاً به تفاوت در ترکیب و نوع منابع تامین کننده اسیدهای چرب در جیره غذایی و نوع گونه ماهی نسبت داد (Tian et al., 2016; Xiao et al., 2020). ترکیب و مقادیر n-3 LC-PUFA در جیره به ویژه اسیدهای چرب EPA و DHA از اهمیت بالایی در عملکرد رشد آبیان برخوردارند (Francis et al., 2007; Ghaffarilaleh et al., 2014). ماهیان آب شیرین عمدتاً توانایی تبدیل اسید لینولئیک و لینولنیک جیره به اسیدهای چرب گروه n-3 LC-PUFA را دارند (You et al., 2017). اگرچه مطالعاتی نیز نشان دادند که ماهی 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 (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵) در ماهی yellow croakers (*Larimichthys crocea*) مشاهده شد بطوریکه اثرات منفی بر عملکرد رشد در سطح بالاتر LNA ایجاد شد ولی میزان رشد با افزایش نسبت LA/LNA افزایش یافت. همچنین، Xiao و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که افزایش سطح LNA از سطح یک به دو درصد سبب کاهش رشد در گربه ماهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) گردید.

در مطالعه حاضر و بر اساس نتایج حاصل از فاکتورهای رشدی در ماهی گورامی سه‌خال احتمالاً می‌توان بیان نمود که این ماهی قابلیت تبدیل اسیدهای چرب LA و LNA به اسیدهای چرب غیراشباعی بلند زنجیره را دارد؛ زیرا مقادیر نسبتاً محدود از اسیدهای چرب EPA و DHA در جیره ماهیان مطالعه حاضر اثرات منفی بر عملکرد رشد ایجاد نکرد و سطوح بالاتر از نسبت‌های LA/LNA احتمالاً توانسته تا این کمبود را جبران نمایند که صحت این موضوع به بررسی‌های دقیق‌تری در آینده نیاز دارد.

ضریب تبدیل غذایی (FCR) در ماهیان مطالعه حاضر تغییرات معناداری را متأثر از نسبت‌های LA/LNA نشان داد، بطوریکه بهترین مقادیر FCR در نسبت‌های ۴ و ۸ مشاهده شد. نتایج مشابهی قبلاً در مطالعه Xiao و

روغن‌های گیاهی در جیره‌های فرموله شده آبزیان بمنظور تولید مولدین پرورشی در صنعت تجاری آبزی‌پروری را نشان دهد.

بهتری داشتند. این یافته‌ها می‌تواند ارتباط بین نسبت‌های LA/LNA، توانایی تبدیل آنها به اسیدهای چرب n-3 LC-PUFA و فراهم نمودن یک شاخص جهت کارایی مطلوبتر در جایگزینی روغن ماهی بوسیله

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*. *Aquaacture 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*, $\Delta 4$ fad and $\Delta 6/\Delta 5$ fat in the marine teleost *Siganus canaliculatus*. *Aquaculture* 39, 1-8.
- Yildiz, M., Erolodogan, 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.