14(3) 269-278, Autumn 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effect of alternative feeding sterategies during replacement of fish oil by poultry waste fat on growth, food conversion and haematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Abdolvahab Kalteh, Afshin Ghelichi *, Sarah Jorjani, Reza Akrami, Fariborz Ghojoghi

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture Sciences and Natural Resources, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

Key Words

Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)
Fish oil
Poultry waste fat
Growth
Food conversion ratio
Haematology

Abstract

Introduction: Due to the limitations of fish oil and its high price, the aquatic feed industry needs to find suitable alternatives to fish oil in the aquaculture industry. So the aim of this study was to investigate the effect of replacement of poultry waste fat instead of dietary fish oil with return to main diet strategy on some growth and blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in order to find a suitable alternative to fish oil.

Materials & Methods: 120 rainbow trout juveniles weighing 50.72±2.13 g were purchased and after the adaptation period, 25 fish in each pond were released in a completely randomized design with 5 treatments and 3 replications. Control treatment: fed with normal diet, treatment 1: fed with diet containing mixture of fish oil and poultry fat (50/50) for one month and with normal diet in the second month, treatment 2: fed with diet containing poultry fat for one month and with the normal diet in the second month, treatment 3: fed a diet containing a mixture of fish oil and poultry fat (50/50), treatment 4: fed a diet containing poultry fat. At the end of the two-month period, growth indices and food conversion ratio were measured. Also, 6 fish from each treatment were randomly sampled and blood parameters were measured according to standard methods.

Result: There was no significant difference between different treatments in terms of growth, nutrition and red blood cell counts. The amount of hemoglobin in treatments 1 and 4 was significantly lower than the control group. The amount of hematocrit in treatment 4 was significantly lower than treatment 1. The number of white blood cells in treatment 4 was significantly lower than other groups. The lowest percentage of lymphocytes and the highest percentage of neutrophils were observed in the treatment 4, so that the amount of this parameter was significant in treatment 4 with other groups.

Conclusion: Replacing poultry waste fat with fish oil and re-feeding with the normal diet due to the high ability of rainbow trout to digest food and convert food into tissue can reduce production costs. Therefore, all treatments except treatment 4 are recommended.

* Corresponding Author's email: afshin.ghelichi@yahoo.com
Received: 24 July 2021; Reviewed: 27 August 2021; Revised: 29 October 2021; Accepted: 29 November 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.316488.2693

مقاله پژوهشی

اثرات استراتژی‌های مختلف تغذیه طی جایگزینی چربی ضایعات طیور به‌جای روغن ماهی جیره بر فراسنجه‌های رشد، ضریب تبدیل غذا و خون‌شناسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

عبدالوهاب کلته، افشین قلیچی**، سارا جرجانی، رضا اکرمی، فریبرز قجقی

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

کلمات کلیدی

قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss*
روغن ماهی
چربی ضایعات طیور
رشد
ضریب تبدیل غذایی
خون‌شناسی

چکیده

مقدمه: با توجه به محدودیت روغن ماهی و قیمت بالای آن، صنعت خوراک آبزیان نیاز به یافتن جایگزین‌های مناسب برای روغن ماهی در صنعت آبزی‌پروری دارد. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر جایگزینی چربی ضایعات طیور به‌جای روغن ماهی جیره با استراتژی برگشت به جیره اصلی بر برخی فراسنجه‌های رشد و خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به‌منظور یافتن جایگزین مناسب برای روغن ماهی است.

مواد و روش‌ها: برای انجام این تحقیق ۱۲۰ عدد بچه ماهی به وزن ۲/۱۳±۵۰/۷۲ گرم خریداری و پس از دوره سازگاری، ۲۵ قطعه در هر حوضچه به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار رهاسازی شدند. تیمار شاهد: تغذیه شده با جیره معمول، تیمار ۱: تغذیه شده با جیره حاوی مخلوط روغن ماهی و چربی طیور (۵۰/۵۰) به‌مدت یک‌ماه و با جیره معمول در ماه دوم، تیمار ۲: تغذیه شده با جیره حاوی چربی طیور به‌مدت یک‌ماه و با جیره معمول در ماه دوم، تیمار ۳: تغذیه شده با جیره حاوی مخلوط روغن ماهی و چربی طیور (۵۰/۵۰)، تیمار ٤: تغذیه شده با جیره حاوی چربی طیور. در پایان دوره دو ماهه پرورش، شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذایی محاسبه شد. هم‌چنین ٦ عدد ماهی از هر تیمار خونگیری و فراسنجه‌های خونی طبق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد.

نتایج: اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف درخصوص فراسنجه‌های رشد، تغذیه و تعداد گلبول‌های قرمز وجود نداشت. مقدار هموگلوبین در تیمارهای ۱ و ٤ به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمار شاهد بود. مقدار هماتوکریت در تیمار ٤ به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمار ۱ بود. تعداد گلبول‌های سفید در تیمار ٤ به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر تیمارها بود. کم‌ترین درصد لنفوسیت و بیش‌ترین درصد نوتروفیل در نمونه‌های تیمار ٤ مشاهده شد، به‌طوری‌که مقدار این فراسنجه در تیمار ٤ با سایر تیمارها معنی‌دار بود.

بحث و نتیجه‌گیری: جایگزینی چربی ضایعات طیور به‌جای روغن ماهی و تغذیه مجدد با جیره معمول به‌دلیل توانایی بالای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در هضم مواد غذایی و تبدیل غذا به بافت می‌تواند باعث کاهش هزینه‌های تولید شود. بنابراین تمام تیمارها به‌غیر از تیمار ٤ قابل توصیه می‌باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: afshin.ghelichi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۲ مرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۵ شهریور ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۷ آبان ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۸ آذر ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.316488.2693

مقدمه

قزل‌آلای رنگین‌کمان نخستین گونه از خانواده آزادماهیان است که به‌عنوان غذای اصلی انسان پرورش یافت (۱). درحال حاضر این ماهی سهم باارزشی در تأمین غذای انسان دارد، علت این امر فقط ارزش غذایی بالای این ماهی کمیاب و گران‌شدن ماهیان وحشی که از طبیعت صید می‌شوند نیست بلکه به این دلیل است که این ماهی‌ها غنی از چربی‌های اشباع نشده هستند که وجودشان در غذای سالم ضروری است. قزل‌آلای رنگین‌کمان یک ماهی گوشت‌خوار است و حیات آن به صید سایر موجودات زنده بستگی دارد (۱). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یک ماهی گوشت‌خوار و شکارچی بوده که در میزان استفاده از کربوهیدرات محدودیت دارد. بنابراین، تا حد زیادی می‌تواند انرژی مورد نیاز خود را از چربی و پروتئین جیره به‌دست آورد. چربی‌ها انرژی بیش‌تری را به‌ازای هر واحد وزن نسبت به دیگر مواد مغذی جیره تولید می‌کنند و به‌عنوان منبع انرژی با کارایی بیش‌تری مورد استفاده ماهی قرار می‌گیرند. چربی و اسیدهای چرب سازنده آن‌ها به‌همراه پروتئین‌ها اصلی‌ترین جزء ترکیبات آلی بدن ماهی بوده و منبع اصلی انرژی سوخت و ساز برای رشد، تولیدمثل، حرکت، مهاجرت بوده و در تکامل جنینی، تخم‌ریزی، سیستم ایمنی، عکس‌العمل‌های استرسی و در مکانیزم آداپتاسیون نقش بسیار مهمی دارند (۲). هم‌چنین چربی‌ها نقش اساسی در عملکرد بهینه آبشش، کلیه، تکامل سیستم عصبی و بینایی دارند (۳). عمده‌ترین منبع چربی در جیره‌های غذایی در صنعت آبزی‌پروری روغن ماهی می‌باشد. درحالی‌که روغن ماهی بهترین منبع تامین‌کننده اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA) در جیره غذایی ماهی است، اما استفاده از این روغن‌ها در تغذیه آبزیان دارای چندین اشکال است به‌طوری‌که توسعه پایدار صنعت آبزی‌پروری را دچار مشکل کرده است. اولاً با توجه به رشد سریع صنعت آبزی‌پروری نیاز به روغن ماهی به‌عنوان منبع چربی در جیره‌های غذایی روز به روز در حال افزایش می‌باشد. بررسی‌های مختلف نشان داده است که ۸۷٪ تولید جهانی روغن ماهی در صنعت آبزی‌پروری استفاده می‌شود (۴). به‌طور میانگین برای تولید یک کیلوگرم ماهی پرورشی تقریباً ۱/۹ کیلوگرم ماهی وحشی، به‌منظور تولید آرد و روغن ماهی مصرف می‌شود (۵). پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۵۰ کاهش شدیدی در صید تمامی گونه‌های وحشی آبزیان رخ خواهد داد و این امر می‌تواند صنعت آبزی‌پروری را به‌دلیل عدم امکان تهیه روغن ماهی، تهدید نماید و آن را با نگرانی‌های شدید جهانی روبرو کند. هم‌چنین به‌دلیل آلودگی‌های شدید آب‌های دریایی و اقیانوسی، ماهیان دریایی آلوده به سموم بسیار متنوع از جمله ترکیبات PCBs بوده، لذا روغن ماهیان دریایی استفاده شده در جیره مهم‌ترین عامل انتقال آلودگی‌های دریایی به ماهیان پرورشی و در نهایت انسان است که دارای اثرات کارسینوژنیک و تضعیف‌کننده سیستم ایمنی بر روی انسان می‌باشد (۶). بنابراین صنعت خوراک آبزیان نیاز شدیدی به یافتن جایگزین‌های مناسب برای روغن ماهی دارد و در سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در این‌باره انجام شده است. روغن‌های گیاهی و روغن‌های حیوانی می‌توانند تا حدودی جایگزین مناسبی برای روغن ماهی در جیره غذایی آبزیان باشند. روغن‌های گیاهی معمولاً حاوی مقادیر زیادی اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA) مانند لینولئیک‌اسید (LA, 18:2n-6) و آلفالینولنیک‌اسید (LNA,18:3n-3) می‌باشند، ولی عاری از اسیدهای چرب چندغیراشباع بلندزنجیره (HUFA) می‌باشند (۷). ولی به هر حال مطالعات زیادی درخصوص جایگزینی روغن‌های گیاهی به‌جای روغن ماهی انجام شده است (۸، ۹، ۱۰، ۱۱). قابلیت تطویل زنجیره و غیراشباع سازی در گونه‌های مختلف ماهیان متفاوت می‌باشد. در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، اسیدهای چرب 18:3n-3 به سهولت به اسیدهای چرب HUFA n-3 (اسیدهای چرب به‌شدت غیراشباع امگا -۳) تبدیل می‌شوند. حدود ۷۰ درصد این تبدیل در قزل‌آلا منجر به شکل‌گیری دکوزاهگزانوئیک‌اسید (DHA) می‌شود. ماهیانی مانند کپور، گربه‌ماهی کانالی و مارماهی که ماهیان آب‌های گرم و شیرین هستند، توانایی مطلوب در تبدیل اسیدهای چرب 18:3n-3 به HUFA n-3 را ندارند. لذا در این ماهیان وجود HUFA n-3 ضرورت بیش‌تری دارد و به همین دلیل این گروه به‌عنوان اسیدهای چرب ضروری در این دسته از ماهیان شناخته می‌شود (۱۲). چربی‌های حیوانی ازجمله چربی ضایعات طیور را می‌توان به‌عنوان یک جایگزین پایدار به‌جای روغن ماهی مورد استفاده قرار داد. استفاده از چربی ضایعات طیور هنوز به‌ندرت در صنعت آبزی‌پروری مورد استفاده قرار گرفته است و تنها چند مطالعه در این خصوص انجام شده است که می‌توان به تحقیق Ebrahimi و همکاران (۱۳) و Pejman Mehr و همکاران (۱۴) روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، Carvalho و همکاران (۱۵) روی ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*)، Campos و همکاران (۱۶) و Monteiro و همکاران (۱۷) روی سی‌باس اروپایی (*Dicentrachus labrax*)، Baweja و Babbar (۱۸) روی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*)، Friesen و همکاران (۱۹، ۲۰) روی ماهی سابل‌فیش (*Anoplopoma fimbria*)، Bowyer و همکاران (۲۱) روی شاه‌ماهی دم‌زرد (*Seriola lalandi*)، Xue و همکاران (۲۲) روی ماهی سی‌باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*)، Turchini و همکاران (۲) روی ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta*) اشاره کرد. ولی استفاده از چربی ضایعات طیور در یک دوره و برگشت به جیره اصلی هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته است. اما جایگزینی منابع مختلف روغن (گیاهی و حیوانی) به‌جای روغن ماهی می‌تواند به جهت متفاوت بودن ترکیب اسیدهای چرب،

درجه اشباعیت، قابلیت هضم، دمای ذوب و وجود برخی عوامل ضدتغذیه‌ای (ANFs) در روغن‌های گیاهی، بر شاخص‌های فیزیولوژیک ماهی نظیر رشد ماهی، ترکیب اسیدچرب عضله و کبد، فراسنجه‌های خون، بیوشیمی خون، کمیت و کیفیت آنزیم‌های کبدی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، فرآیند گوارش و جذب غذا، مقدار آنزیم‌های گوارشی، بافت و ساختار کبد و روده ماهی و هضم چربی و پروتئین و.... تاثیر بگذارد. لذا با توجه به اهمیت تابلوی خونی و سرمی ماهیان، در این مطالعه سعی شده است تا تاثیر جایگزینی روغن ماهی جیره با چربی طیور با یک دوره برگشت به جیره اصلی بر برخی فراسنجه‌های رشد و خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی: بچه‌ماهیان با وزن متوسط ۲/۱۳±۵۰/۷۲ از یکی از مراکز پرورشی ماهیان سردآبی استان گلستان تهیه شد. قبل از انتقال ماهیان به حوضچه‌ها، وزن و طول کل ماهیان اندازه‌گیری شد. ۹ عدد حوضچه ۵۰۰ لیتری فایبرگلاس بعد از ضدعفونی، آبگیری و ۲۵ عدد بچه‌ماهی در هر کدام از آن‌ها رهاسازی شد. دمای آب در طول دوره پرورش ۰/۶۹±۱۵/۲۰ درجه سانتی‌گراد و اسیدیه آب ۰/۲۱±۷/۰۸ بود.

تیمارهای آزمایشی: با توجه به تحقیقات انجام شده قبلی، برای انجام این تحقیق ۵ تیمار طراحی شد. تیمار شاهد: تغذیه شده با جیره معمول (حاوی روغن ماهی) به‌مدت ۲ ماه، تیمار ۱: تغذیه شده با جیره حاوی مخلوط روغن ماهی و روغن طیور (۵۰/۵۰) به مدت یک ماه و با جیره معمول در ماه دوم، تیمار ۲: تغذیه شده با جیره حاوی روغن طیور (۱۰۰٪) به‌مدت یک ماه و با جیره معمول در ماه دوم، تیمار ۳: تغذیه شده با جیره حاوی مخلوط روغن ماهی و روغن طیور (۵۰/۵۰) به‌مدت ۲ ماه، تیمار ۴: تغذیه شده با جیره حاوی روغن طیور (۱۰۰٪) به‌مدت ۲ ماه. اجزا جیره غذایی در جدول ۱ و پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های غذایی فرموله شده برای این تحقیق در جدول ۲ آمده است.

نحوه تهیه روغن ضایعات طیور: برای تهیه روغن ضایعات طیور، چربی‌های اضافه سنگدان جدا و با آب گرم شستشو داده شد. سپس در دیگ‌های استوانه‌ای شکل به‌مدت ۱ تا ۱/۵ ساعت و در دمای نقطه جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) حرارت داده شد. به‌منظور جداسازی مواد زائد، روغن استخراج شده به‌وسیله صافی توری تصفیه شد. درنهایت روغن تصفیه شده در ظروف مخصوص و در مکان خشک و دور از نور آفتاب نگه‌داری شد (۲۳).

جدول ۱: ترکیب اجزا غذای استفاده شده در تحقیق

اجزا غذا (درصد)	جیره معمول	جیره حاوی خلوط روغن ماهی و روغن طیور (۵۰/۵۰)	جیره حاوی روغن طیور (٪۱۰۰)
آرد ماهی	۳۵	۳۵	۳۵
پودر گوشت	۵/۵	۵/۵	۵/۵
آرد سویا	۲۰	۲۰	۲۰
آرد گندم	۳۰	۳۰	۳۰
روغن ماهی	۸	۴	۰
روغن ضایعات طیور	۰	۴	۸
بنتونیت سدیم	۳	۳	۳
مکمل ویتامیه	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل معدنی	۱/۵	۱/۵	۱/۵
لایزین	۱	۱	۱
متیونین	۰/۵	۰/۵	۰/۵

پروفایل اسیدهای چرب جیره فرموله شده: جهت استخراج چربی از جیره‌های فرموله شده از روش Folch و همکاران، استفاده شد (۲۴). پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های غذایی مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ آورده شده است.

نحوه غذادهی: مقدار غذا برای هر تیمار طبق جدول غذادهی محاسبه و در ۳ وعده به ماهیان داده شد.

تعیین فراسنجه‌های رشد و تغذیه: پس از هر بار زیست‌سنجی، شاخص‌های رشد و تغذیه نظیر وزن نهایی، افزایش وزن بدن، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، افزایش وزن زنده (بیومس)، ضریب تبدیل غذایی، نسبت کارایی پروتئین، نسبت کارایی چربی و کارایی غذا محاسبه شد (۲۵، ۲۶).

اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی و سرمی: در پایان دوره پرورش، از هر تیمار تعداد ۲ قطعه ماهی از هر تکرار (۶ عدد از هر تیمار) به‌طور تصادفی جهت خونگیری و سنجش پارامترهای خونی انتخاب گردید. ابتدا ماهیان توسط پودر گل میخک (۲۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر) بی‌هوش شده (۲۷) و خونگیری از سیاهرگ ناحیه ساقه دمی ماهیان توسط سرنگ استریل صورت گرفت. بعد از خونگیری، نمونه‌های خون جمع‌آوری شده در لوله‌های خونگیری حاوی ماده ضد انعقاد قرار گرفتند تا شمارش گلبول قرمز، شمارش گلبول سفید و اندازه‌گیری میزان هماتوکریت صورت گیرد. شمارش گلبول قرمز و سفید خون با استفاده از لام هماتوسیتومتر (۲۸) و اندازه‌گیری میزان هماتوکریت خون توسط میکروهماتوکریت صورت گرفت. میزان هموگلوبین به‌روش سیانومت در طول موج ۵۴۰ نانومتر (۲۹) با استفاده از کیت آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون و دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CE2502) تعیین گردید.

جدول ۲: پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های فرموله شده (گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) قبل و بعد از افزودن روغن طیور

فرمول کربن	جیره معمول	جیره حاوی مخلوط روغن ماهی و روغن طیور (۵۰/۵۰)	جیره حاوی روغن طیور (۱۰۰٪)
		SFA	
C14:0	۲/۵۹±۰/۰۸^{c}	۱/۹۳±۰/۰۵^{b}	۱/۱۹± ۰/۰۴^{a}
C15:0	۰/۷۵±۰/۰۲^{c}	۰/۵۰± ۰/۰۳^{b}	۰/۲۶±۰/۰۶^{a}
C16:0	۲۱/۰۲±۰/۸۵^{a}	۲۲/۷۱±۰/۱۲^{b}	۲۳/۷۶±۰/۱۸^{c}
C17:0	۰/۲۹± ۰/۰۲^{c}	۰/۲۲± ۰/۰۱^{a}	۰/۲۵± ۰/۰۳^{b}
C18:0	۵/۵۵± ۰/۲۱^{a}	۶/۲۵± ۰/۱۲^{b}	۶/۸۷± ۰/۲۱^{c}
C21:0	۰/۹۴± ۰/۰۴^{c}	۰/۵۲± ۰/۰۴^{b}	۰/۱۶± ۰/۰۳^{a}
C23:0	۲/۴۵± ۰/۱۱^{c}	۱/۳۷± ۰/۱۴^{b}	۰/۴۰± ۰/۰۵^{a}
		MUFA	
C14:1	۰/۲۵±۰/۰۴^{b}	۰/۰۹± ۰/۰۱^{a}	۰/۱۰±۰/۰۳^{a}
C16:1ω-7	۷/۲۱±۰/۳۷^{c}	۶/۳۸±۰/۳۲^{b}	۵/۲۴±۰/۲۴^{a}
C17:1	۰/۱۷± ۰/۰۲^{b}	۰/۲۳± ۰/۰۴^{c}	۰/۱۴± ۰/۰۳^{a}
C18:1ω-9trans	۳/۰۷± ۰/۴۳^{c}	۲/۶۱± ۰/۱۳^{b}	۲/۱۱± ۰/۲۷^{a}
C18:1ω-9cis	۳۰/۴۵± ۰/۸۶^{a}	۳۵/۰۹± ۰/۴۷^{b}	۳۹/۰۳± ۰/۵۴^{c}
C24:1ω-9	۰/۳۹± ۰/۰۷^{b}	۰/۰۰± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۰± ۰/۰۰^{a}
		PUFA	
C18:2 ω-6 cis	۱۰/۵۲± ۰/۳۱^{a}	۱۳/۶۳± ۰/۷۸^{b}	۱۶/۶۳± ۰/۲۱^{c}
C18:3 ω-3	۴/۴۴± ۰/۱۱^{c}	۲/۸۳± ۰/۰۸^{b}	۱/۸۰± ۰/۰۵^{a}
C20:3 ω-3	۱/۱۰± ۰/۰۸^{c}	۰/۷۱± ۰/۰۲^{b}	۰/۳۷± ۰/۰۱^{a}
C20:5 ω-3 (EPA)	۰/۷۲± ۰/۰۴^{c}	۰/۳۶± ۰/۰۲^{b}	۰/۰۰± ۰/۰۰^{a}
C22:6 ω3 (DHA)	۳/۱۱± ۰/۰۶^{c}	۱/۹۱± ۰/۰۴^{b}	۰/۷۵± ۰/۰۷^{a}
∑SFA	۳۳/۴۳± ۱/۰۲^{a}	۳۳/۲۳± ۱/۰۴^{a}	۳۲/۸۲± ۰/۸۵^{a}
∑MUFA	۴۰/۸۷± ۱/۴۳^{a}	۴۵/۰۸± ۱/۱۳^{b}	۴۷/۱۵± ۱/۲۷^{c}
∑PUFA	۱۹/۷۶± ۰/۸۶^{a}	۱۹/۴۶± ۰/۴۷^{a}	۱۹/۵۵± ۰/۵۴^{a}
∑UFA	۶۰/۳۹± ۲/۰۷^{a}	۶۵/۱۲± ۱/۸۰^{b}	۶۷/۲۱± ۲/۱۸^{b}
∑ω-3	۹/۲۷± ۰/۱۲^{c}	۵/۸۱± ۰/۸۴^{b}	۲/۹۲± ۰/۱۳^{a}
∑ω-6	۱۰/۵۲± ۰/۳۱^{a}	۱۳/۶۳± ۰/۷۸^{b}	۱۶/۶۳± ۰/۲۱^{c}
∑ω-9	۳۳/۴۵± ۰/۸۶^{a}	۳۷/۰۹± ۰/۱۷^{b}	۴۱/۰۳± ۰/۹۴^{c}
∑EPA+DHA	۳/۶۹± ۰/۰۷^{c}	۲/۱۹± ۰/۱۲^{b}	۰/۷۶± ۰/۰۶^{a}
PUFA/SFA	۰/۵۹± ۰/۰۲^{a}	۰/۵۸± ۰/۰۵^{a}	۰/۵۹± ۰/۰۳^{a}
UFA/SFA	۱/۸۱± ۰/۴۳^{a}	۱/۹۶± ۰/۲۳^{ab}	۲/۰۵± ۰/۲۲^{b}
∑ω-3/∑ω-6	۰/۸۸± ۰/۰۶^{c}	۰/۴۲± ۰/۰۷^{b}	۰/۱۸± ۰/۰۴^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ Ps< می‌باشد.

میانگین وزن ابتدای دوره به گرم - میانگین وزن انتهای دوره به گرم = افزایش وزن بدن (گرم)

۱۰۰× [(میانگین وزن انتهای دوره به گرم) / (میانگین وزن ابتدای دوره به گرم - میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] = درصد افزایش وزن بدن

۱۰۰× [(دوره پرورش) / (لگاریتم طبیعی میانگین وزن ابتدای دوره به گرم – لگاریتم طبیعی میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] = نرخ رشد ویژه (درصد در روز) (SGR: Specific growth rate)

۱۰۰× [(دوره پرورش به روز) / ($^{۰/۳۳}$میانگین وزن ابتدای دوره به گرم –$^{۰/۳۳}$میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] = شاخص رشد روزانه (گرم در روز) (DGI: Daily growth index)

۱۰۰×(تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان در انتهای دوره) = میزان زنده‌مانی (درصد)

افزایش وزن به گرم / مقدار غذای دریافت شده به گرم = ضریب تبدیل غذایی (FCR: Food conversion ratio)

مقدار غذای دریافت شده به گرم / افزایش وزن به گرم = نسبت کارایی غذا (FER: Food efficiency ratio)

تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل آماری، نرمال بودن داده‌ها با روش کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و انجام آزمون Post hoc دانکن در سطح ۰/۰۵ مورد تحلیل آماری قرار گرفت. هم‌چنین از نرم‌افزار SPSS 20 برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج

فراسنجه‌های رشد و تغذیه: نتایج حاصل از اندازه‌گیری فراسنجه‌های رشد حاکی از عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بوده است (P>۰/۰۵) (جدول ۳). ولی مقدار ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۴ بالاتر از سایر تیمارها بود، به‌طوری‌که دارای اختلاف معنی‌دار با آن‌ها بود (P≤۰/۰۵).

فراسنجه‌های خونی مربوط به گلبول‌های قرمز: با توجه به اطلاعات جدول ۴، بیش‌ترین تعداد گلبول قرمز متعلق به تیمار شاهد و کم‌ترین تعداد در تیمار ۳ مشاهده شد. به هر حال اختلاف معنی‌داری بین مقادیر گلبول‌های قرمز در تیمارهای مختلف مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج تحقیق نشان داد، تیمارهای ۱ و ۴ از نظر مقدار هموگلوبین با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند (P≤۰/۰۵). بیش‌ترین مقدار هموگلوبین متعلق به تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار هموگلوبین در تیمار ۱ مشاهده شد. از نظر مقدار هموگلوبین بین تیمارهای شاهد، ۲ و ۳ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۴). نمونه‌های تیمار ۴ کم‌ترین مقدار و تیمار ۱ بیش‌ترین مقدار هماتوکریت را داشتند، به‌طوری‌که اختلاف بین مقادیر آن‌ها معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵). ولی براساس آنالیز واریانس یک‌طرفه، اختلافی بین درصد هماتوکریت بین تیمارهای دیگر مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۴). نتایج تحقیق حاضر نشان داد، اختلافی در حجم متوسط یاخته‌ای (MCV) بین نمونه شاهد و تیمارهای مختلف وجود نداشته است (P>۰/۰۵) (جدول ۴). مقایسه مقادیر متوسط وزن هموگلوبین گلبول (MCH) بین نمونه شاهد و تیمارهای مختلف نشان داد اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های مختلف و شاهد وجود ندارد(P≤۰/۰۵) (جدول ۴). نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار در متوسط غلظت هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد بود(P>۰/۰۵) (جدول ۴).

فراسنجه‌های خونی مربوط به گلبول‌های سفید: با توجه به اطلاعات جدول ۵، بیش‌ترین تعداد گلبول‌های سفید متعلق به تیمار ۱ بود. از نظر تعداد گلبول‌های سفید تیمارهای مختلف به‌جز تیمار ۲ با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند (P≤۰/۰۵). با توجه به نتایج حاصله، کم‌ترین درصد لنفوسیت در نمونه‌های تیمار ۴ مشاهده شد، به‌طوری‌که مقدار این فراسنجه در تیمار ۴ با سایر تیمارها معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵)، ولی اختلافی بین تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۳ از لحاظ درصد لنفوسیت‌ها مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۵). نتایج به‌دست‌آمده نشان‌داد که بیش‌ترین درصد نوتروفیل در نمونه‌های تیمار ۴ مشاهده شد، به‌طوری‌که مقدار این فراسنجه در تیمار ۴ با سایر تیمارها معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵)، ولی اختلاف بین درصد نوتروفیل در تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۳ معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) (جدول ۵). براساس آنالیز واریانس یک‌طرفه اختلاف معنی‌داری بین درصد مونوسیت‌ها در بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۵). بر طبق نتایج حاصله، اختلاف معنی‌داری بین درصد ائوزینوفیل‌ها در نمونه شاهد و سایر تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۵).

جدول ۳: فراسنجه‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام جایگزینی روغن طیور به‌جای روغن ماهی جیره

فراسنجه	تیمار شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
وزن ابتدایی (گرم)	۵۲/۱۷±۱/۶۹ a	۵۱/۵۳±۱/۲۱ a	۵۰/۶۹±۱/۶۰ a	۵۱/۵۳±۱/۲۱ a	۵۰/۶۹±۱/۶۰ a
وزن نهایی (گرم)	۱۳۸/۳۳±۶/۷۱ a	۱۳۶/۸۰±۶/۰۱ a	۱۳۷/۳۳±۹/۱۰ a	۱۳۶/۶۴±۵/۹۷ a	۱۳۸/۱۱±۷/۴۳ a
میزان افزایش وزن (گرم)	۸۶/۰۴±۱/۳۸ a	۸۵/۶۱±۱/۹۵ a	۸۷/۳۸±۱/۶۲ a	۸۵/۵۶±۳/۵۲ a	۸۷/۷۶±۱/۸۵ a
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۱/۶۲±۰/۰۳ a	۱/۵۹±۰/۰۱ a	۱/۶۳±۰/۰۶ a	۱/۵۸±۰/۰۳ a	۱/۶۶±۰/۰۸ a
ضریب تبدیل غذا	۱/۰۸±۰/۰۲ a	۱/۱۰±۰/۰۲ a	۱/۰۱±۰/۰۳ a	۱/۰۹±۰/۰۶ a	۱/۳۱±۰/۰۴ b
نسبت کارایی غذا	۰/۹۸±۰/۰۳ a	۰/۹۷±۰/۰۴ a	۰/۹۷±۰/۰۵ a	۰/۹۶±۰/۰۱ a	۰/۹۹±۰/۱۰ a
درصد زنده‌مانی	۹۶/۳۳±۳/۴۲ a	۹۶/۶۳±۲/۹۶ a	۹۵/۳۳±۳/۳۳ a	۹۷/۶۶±۲/۳۶ a	۹۷/۳۳±۴/۲۵ a

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۴: فراسنجه‌های خونی مربوط به گلبول‌های قرمز ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام جایگزینی روغن طیور به‌جای روغن ماهی جیره و تغذیه مجدد با جیره حاوی روغن ماهی

ترکیب شیمیایی	تیمار شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
گلبول قرمز (میلیون در میلی‌لیتر)	۲/۷۱±۰/۰۵^{a}	۲/۵۵±۰/۱۶^{a}	۲/۶۵±۱/۱۲^{a}	۲/۴۷±۰/۰۴^{a}	۲/۴۷±۰/۰۴^{a}
هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر)	۱۱/۵۷±۰/۸۲^{c}	۹/۴۶±۰/۴۳^{a}	۱۱/۳۳±۰/۵۷^{bc}	۱۰/۸۷±۰/۱۷^{bc}	۱۰/۲۰±۰/۲۴^{ab}
هماتوکریت (درصد)	۵۶/۰۰±۱/۰۰^{ab}	۶۰/۰۰±۱/۵۳^{b}	۵۸/۶۷±۲/۸۵^{ab}	۵۴/۵۰±۱/۲۶^{ab}	۵۳/۲۵±۲/۱۴ a
MCV (فمتولیتر)	۲۲۱/۰۰±۴/۵۸^{a}	۲۱۵/۰۰±۵/۲۹^{a}	۲۲۱/۴۰±۲/۶۲^{a}	۲۲۰/۶۵±۳/۹۴^{a}	۲۱۴/۷۵±۲/۹۹^{a}
MCH (پیکوگرم)	۴۲/۸۳±۱/۳۲ a	۴۳/۵۰±۱/۴۸^{a}	۴۲/۸۳±۱/۶۵ a	۴۴/۲۰±۲/۴۲^{a}	۴۱/۲۵±۱/۹۱ a
MCHC (گرم در دسی‌لیتر)	۱۹/۳۳±۰/۴۶^{a}	۱۹/۴۲±۰/۵۵ a	۱۹/۳۰±۰/۸۰ a	۱۹/۹۵±۱/۲۱ a	۱۹/۱۷±۰/۸۴^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۵: فراسنجه‌های خونی مربوط به گلبول‌های قرمز ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام جایگزینی روغن طیور به جای روغن ماهی جیره و تغذیه مجدد با جیره حاوی روغن ماهی

ترکیب شیمیایی	تیمار شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
گلبول سفید (سلول در میلی‌متر مکعب)	۸/۴۳±۰/۶۱^{a}	۸/۵۰±۰/۳۲^{a}	۸/۳۰±۰/۳۳^{a}	۸/۴۰±۰/۲۶^{a}	۱۱/۲۳±۰/۲۷^{b}
لنفوسیت (درصد)	۵۱/۶۷±۲/۸۵^{b}	۵۲/۰۰±۱/۱۵^{b}	۵۰/۲۵±۱/۳۲^{b}	۵۱/۷۵±۳/۲۳^{b}	۵۲/۶۶±۲/۹۱^{b}
نوتروفیل (درصد)	۴۷/۰۰±۲/۶۵^{a}	۴۷/۶۷±۲/۵۲^{a}	۴۶/۷۵±۱/۷۵^{a}	۴۷/۷۵±۳/۱۳^{a}	۴۷/۱۲±۲/۸۸^{a}
مونوسیت (درصد)	۱/۰۰±۰/۵۶^{a}	۰/۶۷±۰/۳۳^{a}	۱/۰۰±۰/۵۶^{a}	۰/۵۰±۰/۱۸^{a}	۰/۳۳±۰/۱۳^{a}
ائوزینوفیل (درصد)	۰/۳۳±۰/۱۳^{a}	۰/۳۳±۰/۰۲^{a}	۱/۵۰±۰/۳۳^{a}	۰/۶۷±۰/۳۳^{a}	۰/۳۳±۰/۱۲^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵ می‌باشد.

بحث

روغن ضایعات طیور دارای پتانسیل قابل توجهی به‌عنوان جایگزینی برای روغن ماهی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. به هر حال اثر این ماده بر شاخص‌های رشد، سلامت و ترکیب لاشه، همانند سایر منابع چربی مورد استفاده در جیره آبزیان بسته به‌میزان چربی جایگزین شده و درجه‌حرارت آب متفاوت است (۳۰). نتایج حاصل از اندازه‌گیری فراسنجه‌های رشد در پایان دوره، حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود (P>۰/۰۵). Campos و همکاران، تاثیر جایگزینی جزئی و کلی روغن ماهی با روغن طیور را در جیره ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrachus labrax*) بررسی کردند. آن‌ها جایگزینی ۲۵، ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ درصد روغن ماهی را با روغن طیور بررسی کردند. جایگزینی روغن طیور تاثیری بر هضم‌پذیری مواد غذایی و متابولیت‌های پلاسما در ۲۴ ساعت بعد از تغذیه نداشت. وزن نهایی، دریافت غذا، ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارائی پروتئین و ترکیب شیمیایی بافت در تمامی تیمارها یکسان بود (۱۶). نتایج این تحقیق درخصوص فراسنجه‌های رشد هم‌سو با تحقیق حاضر بود، هرچند ضریب تبدیل غذایی در تحقیق حاضر در تیمار ۴ بالاتر بود. Monteiro و همکاران، جایگزینی ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مخلوط روغن‌های حیوانی ۵۰ /۵۰ (روغن طیور و روغن پستانداران شامل ۷۰ درصد روغن خوک و ۳۰ درصد روغن پیه گوساله) را به‌جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchuslabrax*) بررسی نمودند. طبق گزارش این محققین جایگزینی جزئی تا ۷۵ درصد تاثیری در فراسنجه‌های رشد نظیر وزن نهایی و شاخص رشد روزانه نشان نداد (۱۷). Baweja و Babbar، فراسنجه‌های رشد و ترکیب اسیدچرب ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) پرورش یافته با جیره محتوی روغن طیور و چربی غاز را به‌جای روغن ماهی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که جایگزینی ۲۵ تا ۵۰ درصد روغن ماهی با روغن‌های حیوانی تاثیر منفی بر فاکتورهای رشد، بقاء، ترکیب شیمیایی عضله ماهی نداشته و باعث کاهش قیمت تمام شده جیره می‌شود (۱۸). Bayraktar و Bayir، نیز تاثیر جایگزینی کلی روغن ماهی جیره با چربی‌های مختلف حیوانی (چربی غاز، چربی دنبه گوسفند و چربی گاو) را به‌مدت شش هفته در ماهی قزل‌آلای جوان (*Oncorhynchus mykiss*) بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که وزن نهایی و نرخ رشد ویژه تیمارهای مختلف در انتهای دوره با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (۳۱). نتایج تحقیق آن‌ها هم‌سو با نتایج این تحقیق می‌باشد. Friesen و همکاران، به ارزیابی تاثیر روغن طیور و ترکیب روغن طیور با روغن بذرکتان تحت پرس سرد به‌عنوان جایگزین روغن آنچوی تا ۷۵ درصد در جیره سابل‌فیش جوان (*Fimbria anoplopoma*) پرداختند. فراسنجه‌های رشد، ترکیب شیمیایی کل بدن و فیله و هم‌چنین ضریب هضم‌پذیری ظاهری تحت تاثیر جیره قرار نگرفت (۳۲). نتایج تحقیق Xue و Luo-Peng، که تاثیر شش منبع چربی مختلف (روغن ماهی، چربی خوک، چربی پیه گوساله، چربی طیور، چربی سویا و چربی‌ذرت و نیز چربی مخلوطی از ۶۰ درصد پیه گوساله، ۲۰ درصد روغن سویا و ۲۰ درصد روغن ماهی) را بر رشد و تغذیه سی‌باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) مورد بررسی قرار دادند، نشان داد که منابع مختلف چربی جیره تاثیر معنی‌داری بر فاکتورهای رشد و تغذیه بین تیمارهای مختلف و نمونه نداشت (۲۲). استفاده از منبع چربی بازیافتی در جیره غذایی ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان پرواری منجر به بهبود برخی از فراسنجه‌های رشد در آن‌ها گردیده‌است (۹). در تعدادی از مطالعات تغذیه‌ای، میزان افزایش وزن و کارایی غذا، در جیره مقایسه‌ای شامل روغن ماهی و روغن طیور، در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۳۳)، گربه‌ماهی کانالی (۳۴) و ماهی سالمون آتلانتیک (۳۵) تفاوت معنی‌داری نداشته است. Higgs و همکاران، نیز تاثیر جایگزینی برابر روغن کانولا و روغن طیور را به‌عنوان منبع تامین کننده روغن در جیره ماهی سالمون آتلانتیک (*Salmo salar* L.) را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که جایگزینی روغن تاثیر معنی‌داری بین تیمارهای مختلف بر فاکتورهای رشد و درصد بقاء نداشت که هم‌سو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. بالاتر بودن ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۴ احتمالاً به‌دلیل بالاتر بودن میزان دریافت غذای روزانه است. به‌نظر می‌رسد بالا بودن میزان دریافت غذای روزانه به

علت انرژی قابل هضم پایین‌تر جیره غذایی تیمار ۴ به‌واسطه حضور چربی قابل هضم پایین‌تر باشد، از آن‌جاکه ماهی قادر است مقدار دریافت غذای روزانه را براساس نیاز انرژی روزانه خود تنظیم نماید. فراسنجه‌های خونی شاخص‌های قابل اتکایی برای تشخیص سلامت ماهی بوده و تحت تاثیر محرک‌های محیطی نظیر دما، فصل و موقعیت تغذیه‌ای می‌باشد (۳۷). هم‌چنین فراسنجه‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی خون تحت تاثیر مواد غذایی جیره و سطوح مورد مصرف آن‌ها می‌تواند تغییر کند (۳۸). تغییر در فراسنجه‌های خونی، نشان‌دهنده شرایط نامساعد محیطی و یا وجود عوامل استرس‌زا در جیره و یا محیط پرورشی می‌باشد (۳۹). در این مطالعه جایگزینی روغن طیور به‌جای روغن ماهی جیره منجر به کاهش برخی فراسنجه‌های خونی گلبول‌های قرمز، نظیر تعداد گلبول قرمز، درصد هماتوکریت و هموگلوبین شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد گلبول قرمز و درصد هماتوکریت متعلق به تیمار شاهد و کم‌ترین تعداد گلبول قرمز و درصد هماتوکریت در تیمار ۴ (تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن طیور به‌مدت ۲ ماه) مشاهده شد. تیمارهای ۱ و ۲ از نظر تعداد گلبول‌های قرمز و درصد هماتوکریت و هموگلوبین با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشتند. Medagoda و همکاران، در بررسی تاثیر جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن پیه گوساله و امولسی‌فایر در ماهی فلاندر زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) در پایان دوره عدم تفاوت معنی‌دار را در تعداد گلبول‌های قرمز و درصد هماتوکریت بین تیمارهای مختلف گزارش کردند (۴۰). نتایج Medagoda و همکاران، در تیمار ۱۰۰ درصد جایگزینی روغن ماهی (۴۰) مغایر با نتایج این مطالعه بود. دلیل این مغایرت را می‌توان در کاربرد امولسی‌فایر در تحقیق یاد شده دانست. یکی از ویژگی‌های برجسته روغن ماهی در مقایسه با روغن‌های گیاهی و روغن‌های حیوانی دارا بودن مقادیر بالای اسید چرب امگا-۳ می‌باشد (۴۱). مطالعات نشان دادند که اسیدهای چرب بلندزنجیره غیراشباع (LC-PUFAs) علاوه بر مفید بودن در ساختار غشاء سلولی بر پایداری اسمزی گلبول‌های قرمز ماهی نیز تاثیر موثر و مطلوب دارد (۴۲). این اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع باعث افزایش نفوذپذیری، پایداری غشا سلولی و نیز افزایش مقاومت دیواره سلولی گلبول‌های قرمز شده و به‌دنبال آن باعث افزایش درصد هماتوکریت می‌شود (۴۳). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن طیور به‌مدت دو ماه و نیز استفاده از مخلوط روغن ماهی و روغن طیور (۵۰/۵۰) به‌مدت ۲ ماه می‌تواند همراه با کاهش سهم اسیدهای چرب امگا-۳ جیره در ماهی قزل‌آلا باعث کاهش گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و درصد هماتوکریت خون در پایان دوره شود. درحالی‌که جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن طیور برای یک‌ماه و سپس تغذیه مجدد ماهی با جیره ۱۰۰ درصد روغن ماهی برای یک‌دوره یک‌ماه، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نشان نداد. Klinger و همکاران، نشان دادند در زمان جایگزینی روغن ماهی منهادن در جیره غذایی گربه ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) با روغن پیه گاو، روغن سویا و ترکیب سه نوع روغن، تعداد گلبول‌های قرمز تفاوت معنی‌داری نداشت. اما منحنی درصد همولیز گلبول‌های قرمز (پاره شدن غیرطبیعی) در جیره‌های مختلف متفاوت بود. آن‌ها نشان دادند که گلبول‌های قرمز ماهیان تغذیه شده با روغن پیه گاو نسبت به لیز شدن (Lysis) بسیار حساس بودند و گلبول‌های قرمز ماهیان تغذیه شده با روغن ماهی کم‌ترین حساسیت به لیز شدن را نشان‌دادند. آن‌ها بیان کردند که غشا سلولی گلبول‌های قرمز در جیره‌هایی با نسبت بیش‌تر n-3/n-6 نفوذپذیری بیش‌تری از خود نشان می‌دهند. هم‌چنین نسبت n-3/n-6 جیره‌ها با منحنی شکنندگی اسمزی گلبول قرمز (Osmotic fragility curve) نیز منطبق بود. به‌طوری‌که گلبول‌های قرمز ماهیان تغذیه شده با روغن پیه گاوی که کم‌ترین نسبت n-3/n-6 در جیره را داشتند، در مقایسه با گلبول‌های قرمز ماهیان تغذیه شده با روغن ماهی که بیش‌ترین نسبت n-3/n-6 در جیره را داشتند به‌طور معنی‌داری شکنندگی اسمزی بیش‌تری را نشان دادند و درصد لیز شدن گلبول‌های قرمز در آن‌ها بیش‌تر بود (۴۴). لذا با توجه به تحقیق Klinger و همکاران (۴۴) و نیز Navarro و همکاران (۴۳)، علت پایین بودن تعداد گلبول قرمز، هموگلوبین و درصد هماتوکریت در جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن طیور به‌مدت دو ماه (تیمار ۴) و نیز استفاده از مخلوط روغن ماهی و روغن طیور (۵۰/۵۰) به مدت ۲ ماه (تیمار۳) در این تحقیق می‌تواند به‌علت کاهش نفوذ پذیری و کاهش مقاومت دیواره سلولی گلبول‌های قرمز و نیز مستعد شدن گلبول‌های قرمز به همولیز در نتیجه کاهش اسیدهای چرب بلند زنجیره مفید امگا-۳ موجود در روغن ماهی در پایان دوره باشد. اما در مورد تیمار ۱ و تیمار ۲ که به‌ترتیب در ماه اول با ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد روغن طیور در جیره تغذیه شدند و در ماه دوم تغییر جیره و تغذیه با جیره حاوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی انجام شد، تغییر معنی‌داری در تعداد گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و درصد هماتوکریت خون در پایان دوره با تیمار شاهد مشاهده نشد که می‌تواند نشان‌دهنده بالانس شدن اسیدهای چرب ضروری در ماه دوم و عدم تاثیر سوء بر گلبول‌های قرمز باشد. کاهش فراسنجه‌های خونی نظیر تعداد گلبول قرمز، درصد هماتوکریت و هموگلوبین نشانه‌های مهمی از بروز کم‌خونی (Anemi) در ماهیان استخوانی است (۴۵). Witeska و همکاران، گزارش کردند که کم‌خونی در ماهیان می‌تواند به جهت معیوب شدن فرآیند تولید گلبول‌های قرمز (Impaired erythroposis)، تسریع همولیز (Accelerated hemolysis) و خون‌ریزی

(Hemorrhage) و یا ترکیب این عوامل در ماهی رخ دهد. به‌هرحال همگی این عوامل تاثیر مشابهی دارند که همراه با کاهش غلظت هموگلوبین و تعداد گلبول‌های قرمز همراه است که متعاقبا باعث کاهش ذخایر اکسیژنی، کاهش رشد و تضعیف سلامت ماهی می‌شود (۴۵). نتایج تحقیق حاضر نشان داد، اختلاف معنی‌داری در حجم متوسط گلبول‌های قرمز خون (MCV)، متوسط وزن هموگلوبین گلبول (MCH) و متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) بین نمونه شاهد و تیمارهای مختلف وجود ندارد. Klinger و همکاران، نشان دادند در زمان جایگزینی روغن ماهی منهادن در جیره غذایی گربه‌ماهی کانالی با روغن پیه گاو، روغن سویا و ترکیب آن‌ها، متوسط گلبول‌های قرمز خون (MCV) تفاوت معنی‌داری نداشت که هماهنگ با مطالعه حاضر می‌باشد. گلبول‌های سفید نقش مهمی در دفاع غیراختصاصی دارند و به‌عنوان شاخصی برای سلامت ماهی محسوب می‌شود و نشان‌دهنده وجود و یا عدم وجود عفونت و نیز نمایش دهنده نوع واکنش بدن به عفونت و عوامل فیزیولوژیک و پاتولوژیک می‌باشد (۴۴). این بدین معنی است که افزایش گلبول‌های سفید نشانگر افزایش ایمنی غیراختصاصی است (۴۶، ۴۷). هم‌چنین افزایش گلبول‌های سفید موجب افزایش پدیده فاگوسیتوز و کمک به تولید آنتی‌بادی‌ها می‌گردد (۴۸، ۴۹). ازجمله عوامل موثر در تعداد گلبول‌های سفید می‌توان به عواملی چون بیماری‌های عفونی، التهاب، استرس، دما، وضعیت تغذیه، سن، جنس و تغییر در میزان هورمون‌ها اشاره کرد (۵۰). با توجه به اطلاعات جدول ۴، بیش‌ترین تعداد گلبول‌های سفید متعلق به تیمار ۴ بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. تعداد گلبول سفید در تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۳ اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند. دلیل احتمالی بالا بودن میزان گلبول‌های سفید در تیمار ۴ در مقایسه با تیمار شاهد می‌تواند مربوط به تحریک پاسخ ایمنی در زمان استفاده از جیره حاوی ۱۰۰ درصد روغن طیور برای دوره طولانی دو ماهه باشد، چرا که در جیره ماهیان تغذیه شده با روغن طیور نسبت به روغن ماهی اسیدهای بلند زنجیره غیراشباع امگا-۳ (HUFA ω-3) سهم بسیار کمی دارد. در مطالعه حاضر مجموع اسیدهای چرب امگا-۳ در روغن ماهی ۲۸/۷۶ درصد و در روغن طیور ۱/۹۸ درصد بود و نیز سهم اسیدهای چرب امگا-۶ در روغن ماهی ۳/۰۸ درصد و در روغن طیور ۲۰/۰۳ درصد بود. لذا جیره ماهی قزل‌آلا در تیمار ۴ از نظر بالانس اسیدهای چرب ضروری نامتعادل‌تر بوده و در نتیجه سطح ایمنی ماهی پایین آمده و پاسخ ایمنی افزایش می‌یابد. Martins و همکاران، هضم ظاهری لیپیدها و اسیدهای چرب (apparent digestibility coefficients) جیره حاوی روغن ماهی، چربی طیور و روغن‌های گیاهی را در ماهی هالیبوت اطلس (*Hippoglossus hippoglossus*) بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که قابلیت هضم‌پذیری ظاهری اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) و به‌ویژه اسیدهای چرب C18:1 در جیره حاوی روغن طیور نسبت به تیمارهای دیگر و تیمار روغن ماهی به‌طور معنی‌داری پایین بود (۵۱). با توجه به بالابودن سهم اولئیک‌اسید (C18:1 ω-9cis) در این مطالعه در روغن طیور (۳۸٪) در مقایسه با روغن ماهی (۲۶٪) و نیز با توجه به نتایج Martins و همکاران (۵۱) می‌توان دلیل بالا بودن گلبول‌های سفید در تیمار ۴ را به زیاد بودن سهم اولئیک‌اسید جیره، نامتعادل بودن اسیدهای چرب جیره از نظر اسیدهای چرب گروه امگا-۳، کاهش هضم‌پذیری چربی طیور و در نتیجه کاهش سطح ایمنی ماهی در درازمدت نسبت داد. مطالعات زیادی نیز در جایگزینی روغن ماهی با روغن طیور اشاره به افزایش اسیدهای چرب MUFA، کاهش اسیدهای چرب PUFA و به‌ویژه کاهش اسیدهای چرب n-3 PUFA، و افزایش اسیدهای چرب n-6 PUFA کرده‌اند که خود منعکس کننده اسیدهای چرب جیره در تغذیه با روغن طیور می‌باشد (۲۱، ۵۲، ۵۳، ۲۰). به‌هرحال Friesen و همکاران، نشان دادند که یک رژیم غذایی پایانی با روغن ماهی می‌تواند مشخصات اسید چرب ماهیچه‌ای را که قبلاً با روغن طیور تغذیه شده بود، به‌طور کامل بازگرداند (۲۰). کمبود اسیدهای چرب ضروری در جیره سبب رشد ضعیف، افزایش محتوای آب ماهیچه، افزایش محتوای چربی کبد، کاهش بازده تغذیه، سندرم شوک، پوسیدگی باله، آماس میتوکندریایی و کاهش میزان هموگلوبین و کاهش ایمنی ماهی می‌شود. Karimi و همکاران، نیز نشان دادند که تعداد گلبول‌های سفید (WBCs) در زمان جایگزینی روغن ماهی با بذر کتان در جیره ماهیان تغذیه شده با روغن بذر کتان بیش‌تر از جیره روغن ماهی بود (۵۴) که هم‌سو با مطالعه حاضر می‌باشد. اما در مقابل Babalola و همکاران، در زمان جایگزینی روغن ماهی با روغن آفتابگردان در جیره گربه ماهی (*Heterobranchus longifilis*) شاهد تفاوت معنی‌دار در تعداد گلبول‌های سفید بودند که دلیل آن را اختلافات گونه‌ای، بالاتر بودن توانایی حمل اکسیژن و توانایی بالاتر این ماهی در استفاده از اسیدهای چرب امگا-۶ موجود در روغن گیاهی دانستند (۵۵). در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری بین درصد لنفوسیت، مونوسیت، ائوزینوفیل و نوتروفیل‌ها در بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده نشد. اختلاف در کاهش یا افزایش تعداد گلبول‌های سفید در زمان جایگزینی روغن‌های مختلف با روغن ماهی جیره در مطالعات مختلف می‌تواند به جهت اختلاف در گونه‌ها (گونه‌های سردابی نسبت به گونه‌های گرمابی به اسیدهای چرب n-3 نیاز بیش‌تری دارند)، تفاوت در توانایی ماهی در استفاده از اسیدهای چرب مختلف گروه‌های n-3 و n-6، نوع روغن و قابلیت هضم‌پذیری

آن باشد. از طرفی بالانس نبودن نسبت اسیدهای چرب n-3 به n-6 می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر سیستم ایمنی ماهی اثر بگذارد و مقابلـه در برابر بیماری‌ها را کاهش دهد (۵۶، ۵۷). در نتیجه‌گیری نهایی می‌توان بیان نمود که جایگزینی روغن ضایعات طیور به‌جای روغن ماهی و تغذیه مجدد با جیره حاوی روغن ماهی بر فراسنجه‌های رشد، تغذیه و هماتولوژی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تاثیر معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد ندارد. این امر به دلیل توانایی بالای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در هضم مواد غذایی و تبدیل غذا به بافت می‌باشد. لذا از محصولات جانبی کشتارگاه‌های مرغ و منابع چربی بازیافتی طیور به‌دلیل قیمت‌ارزان آن‌ها نسبت به روغن ماهی، قابلیت دسترسی مناسب، عدم استفاده این روغن‌ها توسط انسان و نیز جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست به‌دلیل کاهش صید به‌عنوان یکی از راهکارهای افزایش راندمان اقتصادی می‌توان در فعالیت‌های آبزی‌پروری استفاده نمود. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان داشت که تمام تیمارها به‌غیر از تیمار ۴ قابل توصیه می‌باشد.

منابع

1. **Mashaei, M., 2000.** Salmon propagation and breeding guide. Sedgwick, D.A., (Ed.). Asman Publications. 208 p. (In Persian)
2. **Turchini, G.M., Mentasti, T., Frøyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moretti, V.M. and Valfré, F., 2003.** Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). Aquaculture. 225(1): 251-267.
3. **Mourente, G. and Bell, J.G., 2006.** Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over a long term growth study: Effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. Comparative Biochemistry & Physiology. Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 145(3-4): 389-99. doi: 10.1016/j.cbpb. 2006.08.012. Epub 2006 Sep 6. PMID: 17055762.
4. **Tacon, A.G.J., 2004.** Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. Aquatic Resources, Culture and Development. 1(1): 1-3.
5. **Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A.P., Forster, I., Gatlin, D.M., Goldburgh, R.J., Hua, K. and Nichols, P.D., 2009.** Feeding aquaculture in an era of finite resources. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America. 106 (36): 15103-15110.
6. **Tacon, A.G.J. and Metian, M., 2008.** Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. Aquaculture. 285(1): 146-158.
7. **Turchini, G.M., Torstensen, B.E. and Ng, W.K., 2009.** Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture. 1: 10-57.
8. **Huyben, D., Rimoldi, S., Ceccotti, C., Montero, D., Betancor, M., Iannini, F. and Terova, G., 2020.** Effect of dietary oil from Camelina sativa on the growth performance, fillet fatty acid profile and gut microbiome of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). PeerJ. 8: e10430.
9. **Liu, K.K.M., Barrows, F.T., Hardy, R.W. and Dong, F.M., 2004.** Body composition, growth performance, and product quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing poultry fat, soybean/corn lecithin, or menhaden oil. Aquaculture. 238(1): 309-328.
10. **Betancor, M.B., MacEwan, A., Sprague, M., Gong, X., Montero, D., Han, L., Napier, J.A., Norambuena, F., Izquierdo, M. and Tocher, D.R., 2021.** Oil from transgenic Camelina sativa as a source of EPA and DHA in feed for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Aquaculture. 530: 735759.
11. **Dawood, M.A.O., Ali, M.F., Amer, A.A., Gewaily, M.S., Mahmoud, M.M., Alkafafy, M., Assar, D.H., Soliman, A.A. and Van Doan, H., 2021.** The influence of coconut oil on the growth, immune, and antioxidative responses and the intestinal digestive enzymes and histomorphometry features of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish Physiology and Biochemistry. 1-12.
12. **Razavi Shirazi, H., 2001.** Technology of marine products. Naghsh Mehr Publications. 676 p. (In Persian)
13. **Ebrahimi, A., Vernosfadrani, A.M. and Motaghi, A., 2013.** Investigating the possibility of using poultry waste oil and fish oil as dietary fat sources for growth factors in rainbow trout. The second national conference on the development and breeding of cold water fish. 125-128. (In Persian)
14. **Pejman Mehr, P., Farahani, M. and Niknam Shiraz, A., 2013.** Investigating the reaction of essential fatty acids in plant and animal food sources with the aim of reducing the consumption of fish oil in salmon diet. The second national conference on the development and breeding of cold water fish. 42-46. (In Persian)
15. **Carvalho, C.S., Selistre de Araujo, H.S. and Fernandes, M.N., 2004.** Hepatic metallothionein in a teleost (*Prochilodus scrofa*) exposed to copper at pH 4.5 and pH 8.0. Comparative Biochemistry and Physiology Part B. 137: 225-234.
16. **Campos, I., Matos, E., Maia, M.R., Marques, A. and Valente, L.M., 2019.** Partial and total replacement of fish oil by poultry fat in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: effects on nutrient utilization, growth performance, tissue composition and lipid metabolism. Aquaculture. 502: 107-120.
17. **Monteiro, M., Matos, E., Ramos, R., Campos, I. and Valente, L., 2018.** A blend of land animal fats can replace up to 75% fish oil without affecting growth and nutrient utilization of European seabass. Aquaculture. 487: 22-31.
18. **Baweja, S. and Babbar, B.K., 2015.** Growth performance and tissue fatty acid composition of *Cyprius Carpio* (Linn.) reared on feeds containing animal fats as fish oil replacemen. The Bioscan an International Quarterly Journal of Life Sciences. 10(2): 655-660.
19. **Friesen, E., Balfry, S.K., Skura, B.J., Ikonomou, M. and Higgs, D.A., 2013.** Evaluation of poultry fat and blends of poultry fat with cold-pressed flaxseed oil as supplemental dietary lipid sources for juvenile sablefish (*Anoplopoma fimbria*). Aquaculture Research. 44(2): 300-316.
20. **Friesen, E.N., Skura, B.J., Ikonomou, M.G., Oterhals, A. and Higgs, D.A., 2015.** Influence of terrestrial lipid and protein sources and activated carbon-treated fish oil on levels of persistent organic pollutants and fatty acids in the flesh of Atlantic salmon. Aquaculture Research. 46(2): 358-381.
21. **Bowyer, J.N., Qin, J.G., Smullen, R.P. and Stone, D.A.J., 2012.** Replacement of fish oil by poultry oil and canola oil in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) at optimal and suboptimal temperatures. Aquaculture. 356: 211-222.
22. **Xue, M. and Luo-Peng, G., 2006.** Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acids composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*). Aquaculture. 260(1-4): 206-214.
23. **Razmpour, M. and Farmani, J., 2016.** methods of extracting chicken fat, the first national conference of new technologies in Iran's food sciences and industries and tourism, Babolsar. https://civilica.com/doc/615467.
24. **Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G.H., 1957.** A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues. Journal of Biology Chemical. 226: 497-509.
25. **Bagenal, T., 1978.** Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwall scientific pub. Oxf. London. 365 p.
26. **Liland, N.S., Rosenlund, G., Berntssen, M.H.G., Brattelid, T., Madsen, L. and Torstensen, B.I., 2013.** Net

Nile tilapia fed different oil sources. Bioscience Journal. 34: 978-984. 10.14393/BJ-v34n2a2018-36725.

44. **Klinger, R.C., Blazer, V.S. and Echevarria, C., 1996.** Effects of dietary lipid on the hematology channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquaculture. 147: 225-233.

45. **Witeska, M., Dudyk, J. and Jarkiewicz, N., 2015.** Haematological effects of 2-phenoxyethanol and etomidate in carp (*Cyprinus carpio* L.). Veterinary, Anaesthesia and Analgesia. 42(5): 537-546.

46. **Nobahar, Z., Gholipour Kanani, H. and Jafarian, H.O., 2013.** Effect of garlic powder on hematological parameters and growth performance of *Huso huso*. Journal of Applied Ichthyological Research. 1(3): 39-48. (In Persian)

47. **Hallajian, A., Bahmani, M., Kazemi, R., Dejhandian, S., Yousefi Jourdehi, A. and Khazaie, E., 2015.** Study on some blood immunological indices of the juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus* caught from depths of 20 to 100 meters in the coasts of the Mazandaran province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 24(3): 191-201. (In Persian)

48. **Yar Ahmadi, P., Farahmand, H., Kolango Miyandare, H. and Mirvaghefi, A.R., 2014.** Hematological and serum biochemical profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed immunogen. Journal of Fisheries.67(3): 455-465. (In Persian)

49. **Hossein, A.R., Oraji, H., Yegane, S. and Shahabi, H., 2014.** The effect of probiotic bactocell on growth performance, blood parameters and some serum parameters in Caspian salmon (*Salmo caspius*). Iranian Scientific Fisheries Journal. 23(2): 35-44. (In Persian)

50. **Serajian, Sh., Zamini, A.A., Yousefian, M., Saeedi, A.A. and Jafari, A., 2008.** Comparing of some hematological parameters in Golden grey mullet (*Liza auratus*) fishes in Caspian Sea. Journal of New Technologies in Aquaculture Development. 1(4): 51-60. (In Persian)

51. **Martins, D.A., Valente, L.M.P. and Lall, S.P., 2009.** Apparent digestibility of lipid and fatty acids in fish oil, poultry fat and vegetable oil diets by Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. Aquaculture. 294: 132-137.

52. **Yun, B.A., Xue, M., Wang, J., Fan, Z.Y., Wu, X.F., Zheng, Y.H. and Qin, Y.C., 2013.** Effects of lipid sources and lipid peroxidation on feed intake, growth, and tissue fatty acid compositions of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquaculture International. 21(1): 97-110. doi:https://doi.org/10.1007/s10499-012-9538-0

53. **Ahmad, W., Stone, D.A.J. and Schuller, K.A., 2013.** Dietary fish oil replacement with palm or poultry oil increases fillet oxidative stability and decreases liver glutathione peroxidase activity in barramundi (*Lates calcarifer*). Fish Physiology and Biochemistry. 39(6): 1631-1640. doi:https://doi.org/ 10.1007/s10695-013-9815-5.

54. **Karimi, M.R., Ebrahimi, E., Mahboobi Soofiani, N. and Masiha, A., 2014.** Replacement of Dietary Fish Oil with Flaxseed Oil and its Effects on Hematological and Biochemical Parameters of Rainbow Trout Fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*). World Journal of Fish and Marine Sciences. 6(3): 209-213.

55. **Babalola, T.O.O., Adebayo, M.A., Apata, D.F. and Omotosho, J.S., 2009.** Effect of dietary alternative lipid sources on hematological parameters and serum constituents of *Heterobranchus longifilis* fingerlings. Tropical Animal Health Production. 41: 371-377.

56. **Pablo, M.A., Puertollano, M.A. and Cienfuegos, G.V., 2002.** Biological and clinical significance of lipids as modulators of immune functions. Clinical and Diagnostic Laboratary Immunology. 9: 94-950.

57. **Montero, D., Grasso, V., Izquierdo M.S., Ganga, R., Real, F., Tort, L., Caballero, M.J. and Acosta, F., 2008.** Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: effects on hepatic Mx expression and some immune parameteres. Fish and Shellfish Immunology. 24: 147-155. doi:10.1016/j.fsi.2007. 08.002.

production of Atlantic salmon (FIFO, Fish in Fish out<1) with dietary plant proteins and vegetable oils. Aquaculture Nutrition. 19: 289-300.

27. **Mehrabi, Y., 1998.** Study of anesthetic effect of clove powder on rainbow trout. Aquaculture. 21: 160-162. (In Persian)

28. **Hoston, A.H., 1990.** Blood and Circulation. In: Shreck, C.B. and Moyle, P.B., (Eds.). Methods for fish biology. American Fisheries Society, Bethesda, MD. 273-335.

29. **Drobkin, D.R., 1945.** Crystallographic and optical properties of human hemoglobin: proposal for standardization of hemoglobin. American Journal of Medical Science. 209: 268-270.

30. **Pirozzi, I. and Booth, M.A., 2009.** The effect of temperature and body weight on the routine metabolic rate and postprandial metabolic response in mulloway, *Argyrosomus japonicus*. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular and Integrative Physiology. 154(1): 110-118.

31. **Bayraktar, K. and Bayır, A., 2012.** The Effect of the Replacement of Fish oil with Animal Fats on the Growth Performance, Survival and Fatty Acid Profile of Rainbow Trout Juveniles, *Oncorhynchus mykiss*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 12: 661-666.

32. **Friesen, E., Balfry, S.K., Skura, B.J., Ikonomou, M. and Higgs, D.A., 2013.** Evaluation of poultry fat and blends of poultry fat with cold-pressed flaxseed oil as supplemental dietary lipid sources for juvenile sablefish (*Anoplopoma fimbria*). Aquaculture Research. 44(2): 300-316.

33. **Greene, D.H.S. and Selivonchick, D.P., 1990.** Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and hematology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 89(2): 165-182.

34. **Lochmann, R. and Phillips, H., 1995.** Comparison of Rice Bran Oil, Poultry Fat, and Cod Liver Oil as Supplemental Lipids in Feeds for Channel Catfish and Golden Shiner. Journal of Applied Aquaculture. 5(3): 47-55.

35. **Rosenlund, G., Obach, A., Sandberg, M.G., Standal, H. and Tveit, K., 2001.** Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance & quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Research. 32(1): 323-328.

36. **Higgs, D.A., Balfrt, S.K., Oakes, J.D., Rowshandeli, M., Skura, B.J. and Deacon, G., 2006.** Efficacy of an equal blend of canola oil and poultry fat as an alternate dietary lipid source for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in sea water. I: effects on growth performance, and whole body and fillet proximate and lipid composition. Aquaculture Research. 32(2): 180-191.

37. **Dossou, S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Dawood, M.A.O., El Basuini, M.F., Olivier, A. and Zaineldin, A.I., 2018.** Growth performance, blood health, antioxidant status and immune response in red seabream (*Pagrus major*) fed *Aspergillus oryzae* fermented rapeseed meal. Fish and Shellfish Immunology. 75: 253-262.

38. **Falahatkar, B., Rahdari, A. and Bagherpour, O., 2016.** Stress and hematological responses of juvenile silver carp to handling caused by capturing. Aquatic Physiology and Biotechnology. 4(2): 57-74. (In Persian)

39. **Atmadi, V.P., Hyung, J.R., Hwa Min, B., Gustiano, R. and Young Jin, Y.C., 2016.** Effects of different salinity levels on physiological and hematological response of rock bream Oplegnathus fasciatus. Indonesian Aquaculture Journal. 11: 75-79.

40. **Medagoda, N., Kim, M., Gunathilaka, B.E., Seung-Hwan Park, S.H. and Lee, K.J., 2021.** Effect of total replacement of fish oil with tallow and emulsifier in diet on growth, feed utilization, and immunity of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Journal of World Aquaculture Society. 1: 1-14. https://doi.org/10.1111/jwas.12835.

41. **Navarro, R.D., Navarro, F.K.S.P., Filho, O.P.R., Ferreira, W.M., Pereira, M.M. and Seixas Filho, J.T., 2012.** Quality of polyunsaturated fatty acids in Nile tilapias (*Oreochromisniloticus*) fed with vitamin E supplementation. Food Chemistry. 134(6): 215-218.

42. **Lim, C., Yildirim-Aksoy, M. and Klesius, P., 2011.** Lipid and fatty acid requirements of tilapia. North American Journal of Aquaculture. 73: 188-193.

43. **Navarro, D., Solis-Murgas, L., Costa, D., Fortes-Silva, R. and Navarro, F., 2018.** Hematological parameters for male