مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸ DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

تاثیر جایگزینی روغن ماهی جیره با روغن حیوانی و گیاهی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

سپیده عالمی[۱]، سارا جرجانی[۱]، افشین قلیچی[۱*]، رضوان‌اله کاظمی[۲]و زهرا غیاثوند[۱]

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

[۲] ایران، رشت، موسسه تحقیقات شیلاتی کشور، انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۲۳

چکیده

جهت بررسی تاثیر جایگزینی روغن پیه گاو و روغن کانولا به جای روغن ماهی جیره بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، ۲۵۰ قطعه ماهی با وزن متوسط حدود ۲۰ گرم انتخاب و به صورت تصادفی با ۳ تکرار به صورت: تیمار ۱ یا شاهد (جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی)، تیمار ۲ (جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن پیه گاو)، تیمار۳ (جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کانولا) و تیمار ۴ (جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن پیه گاو و ۲۵٪ روغن کانولا) در حوضچه فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری تیماربندی و دو نوبت در روز به مدت ۹۰ روز غذادهی شدند. جهت سنجش فراسنجه‌های رشد، در پایان دوره زیست‌سنجی از ماهیان به عمل آمد. همچنین جهت سنجش شاخص‌های بیوشیمیای سرم خون، از سیاهرنگ ساقه دمی ماهیان خونگیری به عمل آمد. نتایج بدست نشان داد که بیشترین میانگین وزن نهایی، میزان افزایش وزن و درصد زنده‌مانی، متعلق به تیمار ۱ و ۴ و کمترین مقدار متعلق به تیمار ۲ بود ($P\leq$۰/۰۵). مقدار کلسترول در نمونه شاهد بیشترین و مقدار آن در تیمار ۳ کمتر از سایر تیمارها بود ($P\leq$۰/۰۵). کمترین مقدار تری‌گلیسرید در تیمار ۲ مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). بیشترین سطح گلوکز و کورتیزول در تیمار ۲ مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). در تحقیق حاضر تفاوت معنی‌داری در مقدار ایمونوگلبولین و لیزوزیم بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که جایگزینی ٪۲۵ روغن پیه گاو و ۲۵٪ روغن کانولا به جای روغن ماهی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، روغن ماهی، روغن پیه گاو، روغن کانولا، فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی سرم خون

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: afshin.ghelichi@iau.ac.ir

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با دارا بودن ویژگی‌های منحصر به فرد از جمله کیفیت گوشت، اهلی شدن سریع و آسان، سخت‌گیر نبودن در غذاگیری، امکان پرورش متراکم، طول نسبتاً کوتاه دوره پرورش و مقاومت ماهی به طیف وسیعی از شرایط فیزیکوشیمیایی محیط از گونه‌های مهم و تجاری در ایران و جهان جهت تأمین پروتئین مورد نیاز جوامع بشری می‌باشد. چربی و اسیدهای چرب سازنده آنها به همراه پروتئین‌ها اصلی‌ترین جزء ترکیبات آلی بدن ماهی بوده و منبع اصلی انرژی سوخت و ساز برای رشد، تولید مثل، حرکت، مهاجرت بوده و در تکامل جنینی، تخم‌ریزی، سیستم ایمنی، عکس‌العمل‌های استرسی و در مکانیزم آداپتاسیون نقش بسیار مهمی دارند (۳۸). همچنین چربی‌ها نقش اساسی در عملکرد بهینه آبشش، کلیه، تکامل سیستم عصبی و بینایی دارند (۲۷).

عمده‌ترین منبع چربی در جیره‌های غذایی در صنعت آبزی‌پروری روغن ماهی می‌باشد. در حالی که روغن ماهی

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸
DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

بهترین منبع تامین کننده اسیدهای چرب چندغیراشباع در جیره غذایی ماهی است، اما استفاده از این روغن‌ها در تغذیه آبزیان دارای چندین اشکال است، به طوری که توسعه پایدار صنعت آبزی‌پروری را دچار مشکل کرده است. اولاً با توجه به رشد سریع صنعت آبزی‌پروری نیاز به روغن ماهی به عنوان 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 آبزی پروری استفاده می‌شود (۳۷). به طور میانگین برای تولید یک کیلوگرم ماهی پرورشی تقریبا ۱/۹ کیلوگرم ماهی وحشی، به منظور تولید آرد و روغن ماهی مصرف می‌شود (۲۹). پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۵۰ کاهش شدیدی در صید تمامی گونه‌های وحشی آبزیان رخ خواهد داد و این امر می‌تواند صنعت آبزی‌پروری را به دلیل عدم امکان تهیه روغن ماهی، تهدید نماید و آن را با نگرانی های شدید جهانی روبرو کند (۳۶).

در حال حاضر صنعت خوراک آبزیان نیاز شدیدی به یافتن جایگزین های مناسب برای روغن ماهی دارد و در سالهای اخیر مطالعات مختلفی در این باره انجام شده است. روغن‌های گیاهی و روغن‌های حیوانی می‌توانند تا حدودی جایگزین مناسبی برای روغن ماهی در جیره غذایی آبزیان باشند. مطالعات مختلفی نشان داده که روغن‌های گیاهی به دلیل ویژگی‌هایی از جمله سهولت دسترسی، قیمت پایین و پایداری بالا نسبت به روغن ماهی می‌توانند جایگزین مناسب برای روغن ماهی باشد (۴۰). روغن‌های گیاهی معمولاً حاوی مقادیر زیادی اسیدهای چرب چندغیر اشباع (PUFA) مانند لینولئیک اسید (LA, 18:2n-6) و آلفا لینولنیک اسید (LNA,18:3n-3) می‌باشند، ولی عاری از اسیدهای چرب چندغیراشباع بلندزنجیره (HUFA) می‌باشند.

روغن کانولا منبعی سرشار از ویتامین‌های E، K و چربی-های گیاهی مفید است که به سلامت قلب کمک شایانی می‌کند (۷). این روغن در برابر نور مقاوم است و تغییرات پراکسیدی آن در مقایسه با سایر روغن‌ها تقریباً صفر است. روغن کانولا در مقایسه با روغنهای آفتابگردان، ذرت و سویا به دلیل حضور اسیدهای چرب اشباع نشده و فقدان کلسترول از کیفیت تغذیه ی بالاتری برخوردار است. میزان اسیدهای چرب اشباع موجود در روغن کانولا بسیار پایین است (۷ درصد) در حالی که میزان اسیدهای چرب غیراشباع آن، بخصوص اسید چرب امگا-۳ آلفا لینولنیک آن بالاست (۱۱ درصد). روغن کانولا به علت تناسب مطلوب لینولئیک اسید به لینولنیک اسید (نسبت ۲:۱) از نظر مصرف‌کنندگان مطلوب‌تر است و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۸)

از طرفی روغن‌های حیوانی از جمله روغن طیور و روغن-های دامی را می‌توان به عنوان یک جایگزین پایدار به جای روغن ماهی مورد استفاده قرار داد. استفاده از روغن‌های دامی هنوز به ندرت در صنعت آبزی‌پروری مورد استفاده قرار گرفته است (۱۳، ۱۵، ۱۶) و تنها چند مطالعه در این خصوص انجام شده است که می‌توان به تحقیق روی شاه-ماهی دم‌زرد (*Seriola lalandi*) (۸)، سیم دریایی (*Sparus aurata*) (۳۲) و سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) (۲۴) اشاره نمود.

صنایع کشاورزی- غذایی همیشه، محصولات جنبی کم ارزش نظیر منابع چربی در پروسه تولید و فرآوری خود تولید می‌کند که می‌توان آنها را در خوراک آبزیان مورد استفاده قرار داد. چربی‌های دامی غنی از اسیدهای چرب اشباع شده (SFA) می‌باشند. به هر حال اسیدهای چرب حیوانی (دام و طیور) از لحاظ اسیدهای چرب چندغیراشباع فقیر می‌باشند (۴۰). به خصوص اسیدهای چرب بلندزنجیره گروه امگا- ۳ که در ماهیان دریایی به وفور یافت می‌شود و نقش مهمی در سلامت انسان دارد، فقط در مقادیر اندکی در چربی‌های حیوانی موجود است (۴۰).

DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971 مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸

جایگزینی منابع مختلف روغن (گیاهی و حیوانی) به جای روغن ماهی می‌تواند به جهت ۱- متفاوت بودن ترکیب اسیدهای چرب آنها ۲- متفاوت بودن درجه اشباعیت ۳- متفاوت بودن قابلیت هضم ۴- متفاوت بودن ویژگی‌هایی نظیر دمای ذوب ۵- وجود برخی عوامل ضد تغذیه ای (ANFs) در روغن‌های گیاهی، بر شاخص‌های فیزیولوژیک ماهی نظیر رشد ماهی، ترکیب اسید چرب عضله و کبد، فاکتورهای 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 در این مطالعه سعی خواهد شد تا تاثیر جایگزینی روغن ماهی جیره با روغن پیه گوساله، روغن گیاهی کانولا و مخلوط روغن پیه گوساله و روغن کانولا بر فراسنجه-های بیوشیمیایی سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روشها

کلیه مراحل اجرایی این تحقیق در کارگاه آموزشی و پژوهشی آبزی‌پروری دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر انجام شد. جهت انجام عملیات پرورشی از تعداد ۱۲ حوضچه فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری در کنار یکدیگر در محیط سالن استفاده شد.

بچه‌ماهیان از یکی از مراکز پرورشی ماهیان سردابی استان گلستان تهیه شد. تعداد ۲۵۰ قطعه ماهی با وزن متوسط حدود ۲۰ گرم و طول متوسط ۱۲/۰۹ سانتی‌متر انتخاب و بعد از آداپتاسیون به حوضچه‌های ۵۰۰ لیتری منتقل شد. قبل از انتقال ماهیان به حوضچه‌ها، وزن و طول کل ماهیان اندازه‌گیری شد. در هر یک از ۱۲ حوضچه فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری تعداد ۲۰ قطعه ماهی قرار داده شد.

تیمارهای آزمایشی به این شرح بود: تیمار ۱ (شاهد): جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن دامی (گوساله)، تیمار ۳: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن گیاهی (کانولا)، تیمار ۴: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن دامی (گوساله) و ۲۵٪ روغن گیاهی (کانولا)

جیره‌های غذایی تهیه شده در تحقیق بر اساس تیمارهای آزمایشی طراحی شد (جدول ۱). سپس جیره بر روی سطحی تمیز پخش شد تا در مجاورت هوا خشک شوند. سپس هر جیره در ظرف‌های جداگانه که قبلا توسط برچسب کدگذاری شده بود، قرار داده شد. روغن ماهی (شرکت مهدانه البرز) و روغن گیاهی کانولا (شرکت فامیلا) از شرکت‌های معتبر تهیه شد. چربی دامی (گوساله) از کشتارگاه‌های صنعتی تهیه و و طبق روش‌های معمول، روغن‌گیری شد. به این صورت که بعد از پاک کردن به قطعات کوچک‌تر بریده و درون ظرفی بر روی شعله کم قرار داده شد. بعد از ذوب شدن روغن، از صافی عبور داده و در یخچال نگهداری گردید. ترکیب شیمیایی جیره نیز در جدول ۲ آورده شده است.

ماهیان به میزان ۳ تا ۴ درصد بیوماس در ۲ وعده صبح و عصر به صورت دستی به مدت ۹۰ روز غذادهی شدند. بعد از هربار زیست‌سنجی و تعیین متوسط بیومس موجود در حوضچه‌ها میزان غذای مورد نیاز بر اساس وزن بدن ماهیان تعیین شد. زیست‌سنجی از تمام ماهیان در انتهای دوره انجام شد.

- بررسی فراسنجه‌های فیزیکی و شیمیایی:

ویژگی‌های آب و شرایط محیطی شامل درجه حرارت (برحسب درجه سانتی‌گراد) و اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر) به صورت روزانه توسط دستگاه اکسیژن‌سنج و دماسنج اندازه گیری و اطلاعات آنها ثبت شد. با توجه به نتایج ثبت شده دمای آب در طول دوره ۱/۲۲±۱۴/۵۱ و میزان اکسیژن ۰/۷۵±۸/۳۷ بود.

DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971 مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸

جدول ۱- اجزاء (گرم در کیلوگرم) جیره‌های غذایی فرموله شده مورد استفاده در تحقیق

اجزاء (گرم در کیلوگرم)	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
آرد ماهی	۳۶۰	۳۶۰	۳۶۰	۳۶۰
پودر سویا	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
پودر گوشت	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
پودر طیور	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
آرد گندم	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
روغن ماهی	۱۵۰	۷۵	۷۵	۷۵
چربی پیه گوساله	۰	۷۵	۰	۳۷/۵
روغن کانولا	۰	۰	۷۵	۳۷/۵
مکمل مخلوط ویتامین	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
مکمل مخلوط مواد معدنی	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
لایزین	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
میونین	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
کولین‌کلراید	۲	۲	۲	۲
بنتونیت	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی جیره‌های غذایی فرموله شده مورد استفاده در تحقیق

ترکیب شیمیایی (درصد)	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
پروتئین خام	۴۲/۰۰	۴۲/۳۰	۴۲/۲۰	۴۲/۲۸
چربی خام	۱۸/۳۵	۱۷/۹۵	۱۸/۲۰	۱۸/۱۵
فیبر خام	۲/۸	۲/۹	۳/۰	۳/۰
خاکستر	۸/۰۰	۷/۹۰	۸/۱۰	۷/۹۸
رطوبت	۱۰/۰۰	۹/۸۰	۹/۹۰	۹/۸۵
عصاره عاری از نیتروژن	۱۸/۸۵	۱۹/۱۵	۱۸/۷۰	۱۸/۷۴
انرژی ناخالص (کیلوژول در گرم)	۲۰/۵۱	۲۰/۴۸	۲۰/۴۸	۲۰/۴۸

در پایان دوره پرورش، پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان قطع تغذیه و اطمینان از دفع کامل محتویات لوله گوارش، نمونه‌برداری از ماهیان جهت خونگیری آغاز شد و برای این منظور ۹ عدد بچه ماهی بطور تصادفی از هر تیمار نمونه‌گیری شدند و در محلول عصاره گل میخک با دوز ۲۰۰ ppm بیهوش و پس از خشک کردن آب بدن، خونگیری انجام شد. عملیات خونگیری با استفاده از سرنگ از سیاهرگ دمی (caudal vein) واقع در پشت باله مخرجی صورت گرفت. از نمونه‌های خون با استفاده از سانتریفوژ با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۵ دقیقه سرم جدا و با سمپلر در نمونه‌های کوچک تخلیه و در

DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971 مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸

مجاورت یخ به آزمایشگاه انتقال و در شرایط فریزر (دمای ۲۰- درجه سانتی گراد) تا انجام آزمایش نگهداری شد.

سنجش فراسنجه‌های بیوشیمیایی

برای سنجش پارامترهای بیوشیمیایی خون، سرم خون جداسازی و با استفاده از دستگاه Semianalyser طبق دستورالعمل شرکت سازنده با استفاده از کیت های آزمایشگاهی انجام شد. فراسنجه‌های بیوشیمیایی مورد استفاده شامل آلبومین، کلسترول، تری‌گلیسرید، گلوکز و پروتئین تام بود.

سنجش کلسترول به روش کلسترول‌اکسیداز (۹)، تری گلیسرید توسط آنزیم لیپاز، گلیسرول کیناز و پراکسیداز (۹)، گلوکز به روش واکنش گلوکز اکسیداز (۳۹) و پروتئین تام به روش بیوره (۴۱) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها، تمام داده‌های بدست آمده توسط آزمون نرمالیتی کولموگروف و اسمیرنوف مورد سنجش قرارگرفت. سپس تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به شاخص‌های مختلف از طریق آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One way ANOVA) و آزمون دانکن (Dancan) و توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ در سطح احتمال ۵ ٪ خطا انجام شد. همچنین جهت ترسیم نمودارهای مختلف از نرم افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از فراسنجه‌های رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام جایگزینی جزئی روغن دامی (پیه گوساله) و گیاهی (کانولا) به جای روغن ماهی در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به نتایج حاصله بیشترین میزان رشد در تیمار شاهد و کمترین مقدار در تیمار ۲ مشاهده شد. به طوری که با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار بوده‌اند ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۳).

جدول ۳- فراسنجه‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام جایگزینی جزیی روغن دامی و گیاهی به جای روغن ماهی جیره

فراسنجه‌های رشد	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
وزن ابتدایی (گرم)	۲۲/۳۹±۱/۷۳^{a}	۲۲/۷۶±۱/۱۱^{a}	۲۲/۸۶±۱/۵۷^{a}	۲۲/۹۳±۱/۱۲^{a}
وزن نهایی (گرم)	۷۱/۸۵±۱/۲۷^{b}	۶۹/۴۳±۱/۷۸^{ab}	۶۶/۸۹±۲/۳۲^{a}	۷۰/۹۷±۱/۲۱^{b}
طول ابتدایی (سانتی‌متر)	۱۲/۸۱±۱/۳۱^{a}	۱۲/۳۱±۰/۸۱^{a}	۱۲/۹۲±۱/۰۶^{a}	۱۲/۷۴±۲/۰۴^{a}
طول نهایی (سانتی‌متر)	۱۶/۲۳±۰/۳۲^{b}	۱۵/۱۸±۰/۹۷^{a}	۱۴/۹۷±۱/۱۲^{a}	۱۶/۳۱±۱/۰۷^{b}
میزان افزایش وزن (گرم)	۴۹/۳۴±۱/۳۸^{c}	۴۷/۱۱±۱/۲۱^{b}	۴۳/۸۹±۱/۳۵^{a}	۴۸/۰۱±۲/۵۲^{bc}
میزان زنده‌مانی (درصد)	۹۷/۲۲±۱/۲۱^{b}	۹۰/۵۱±۱/۷۲^{a}	۹۱/۴۳±۲/۱۵^{a}	۹۶/۸۸±۱/۰۵^{b}

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

تیمار ۱ (شاهد): جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن دامی (گوساله) ، تیمار ۳: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن گیاهی (کانولا)، تیمار ۴: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن دامی (گوساله) و ۲۵٪ روغن گیاهی (کانولا)

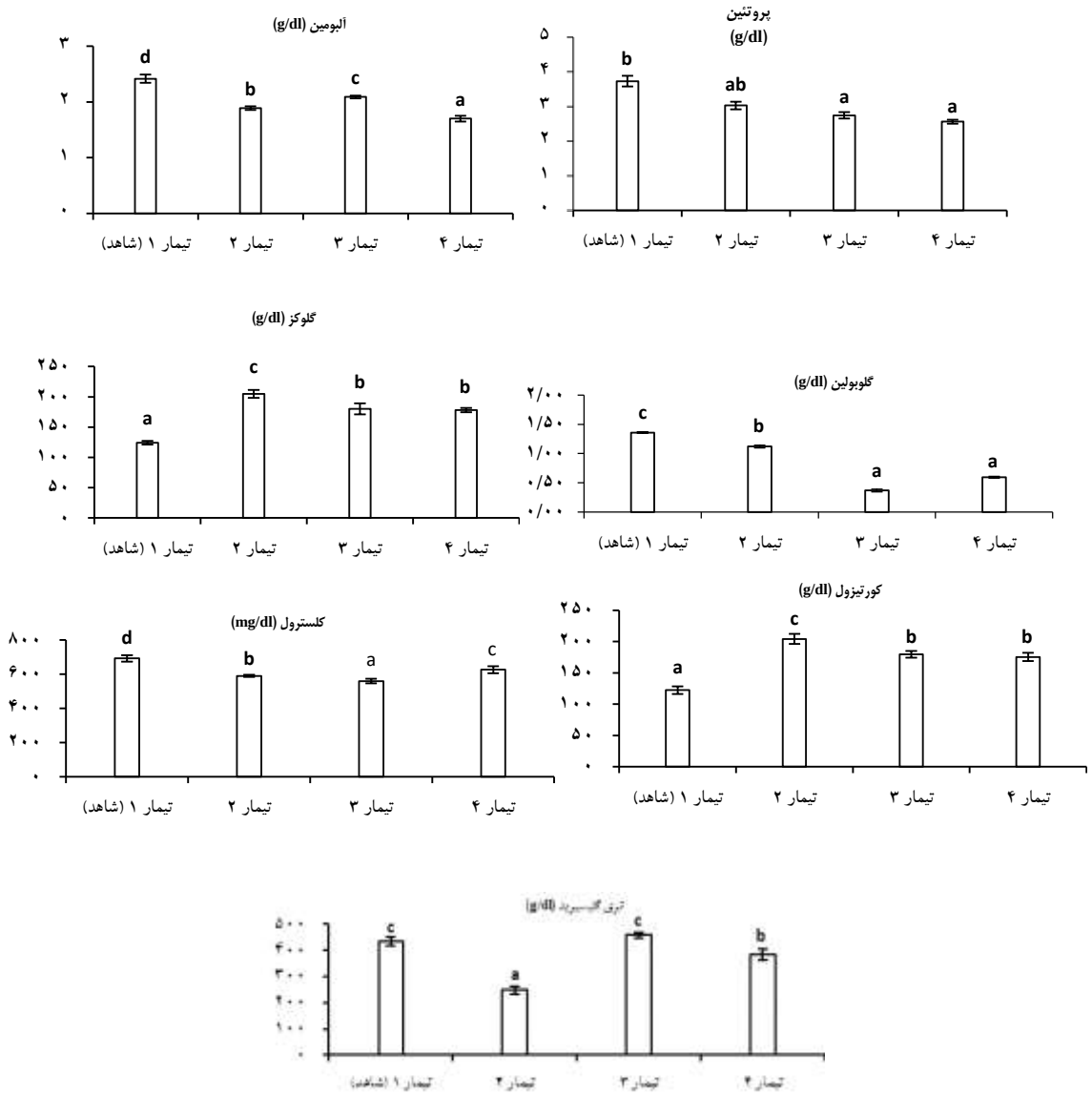
- فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون

بر اساس شکل ۱، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پروتئین سرم خون در بین تیمارهای مختلف با نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). میزان پروتئین در سرم خون نمونه شاهد (تیمار ۱) بیشترین (۳/۷۷۰±۰/۵۵۷ گرم در دسی‌لیتر) و در تیمار ۴ (۲/۴۶±۰/۲۱ گرم در دسی‌لیتر) کمترین مقدار بوده است. بین تیمارهای ۲، ۳ و ۴ اختلاف معنی‌داری از نظر میزان پروتئین در سرم خون مشاهده نشد ($P>$۰/۰۵).

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸
DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه اختلاف معنی‌دار بین مقادیر آلبومین سرم خون بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). همچنین نمونه شاهد (تیمار ۱)، بیشترین (۰/۰۷±۲/۴۱ گرم در دسی‌لیتر) و تیمار ۴، کمترین (۰/۰۵±۱/۷۰ گرم در دسی‌لیتر) میزان آلبومین را در سرم خون خود داشتند (شکل ۲).

بر اساس نتایج حاصله، اختلاف معنی‌داری بین مقدار گلوبولین سرم خون در بین تیمارهای مختلف با نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵) (شکل ۳).



شکل ۱- فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام جایگزینی روغن پیه گوساله و کانولا به جای روغن ماهی
حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq$ ۰/۰۵ می‌باشد.
تیمار ۱ (شاهد): جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن پیه گوساله، تیمار ۳: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کانولا، تیمار ۴: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن پیه گوساله و ۲۵٪ روغن کانولا

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸ DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

مقدار گلوبولین در سرم خون نمونه شاهد (تیمار ۱) بیشترین (۰/۰۰۳±۱/۳۷ گرم در دسی‌لیتر) و در تیمار ۲ (۰/۰±۳۷/۰۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) کمترین مقدار بوده است. بین تیمار ۳ و ۴ اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار گلوبولین در سرم خون مشاهده نشد ($P>0/05$).

اختلاف معنی‌داری بین مقادیر گلوکز سرم خون بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq0/05$). نمونه شاهد (تیمار ۱)، کمترین میزان گلوکز را در سرم خون (۱/۴±۱۲۴/۰۳ گرم در دسی‌لیتر) و تیمار ۲ (۱۷/۱۲±۲۰۵/۳ گرم در دسی‌لیتر) بیشترین میزان گلوکز را داشت (شکل ۴).

اختلاف معنی‌داری بین مقادیر کورتیزول سرم خون بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq0/05$). نمونه شاهد (تیمار ۱)، کمترین میزان کورتیزول را در سرم خون و تیمار ۲ بیشترین میزان کورتیزول را داشت (شکل ۵).

اختلاف معنی‌داری بین مقدار کلسترول بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq0/05$). باتوجه به نتایج حاصله مقدار کلسترول در نمونه شاهد (تیمار ۱)، (۳۳/۰۹±۶۹۲/۱۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) بیشترین و مقدار آن در تیمار ۳ (۱۱/۰۸±۵۵۹/۵۴ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) کمتر از سایر تیمارها بود (شکل ۶).

اختلاف معنی‌داری بین مقدار تری‌گلیسرید بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq0/05$). باتوجه به نتایج حاصل کمترین مقدار تری‌گلیسرید در تیمار ۲ مشاهده شد (شکل ۷).

در تحقیق حاضر **مقدار** ایمونوگلبولین و لیزوزیم بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P>0/05$) (جدول ۴).

جدول ۴- برخی فراسنجه‌های ایمنی خون ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام جایگزینی جزئی روغن دامی (پیه گوساله) و گیاهی (کانولا) به جای روغن ماهی

فاکتور	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
ایمونوگلبولین (میلی گرم بر میلی‌لیتر)	۱۱۲/۳±۲۱/۳۱^{a}	۱۱۱/۴±۱۲/۷۱^{a}	۱۱۰/۴±۳/۳۱^{a}	۱۱۲/۴±۵/۱۳^{a}
لیزوزیم (میکروگرم در میلی‌لیتر)	۵۰/۲±۱/۲۲^{a}	۴۸/۲±۸/۲۰^{a}	۵۲/۲±۱۰/۱۱^{a}	۴۸/۱±۵/۹۵^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0/05$ می‌باشد.

تیمار ۱ (شاهد): جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن دامی (گوساله) ، تیمار ۳: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن گیاهی (کانولا)، تیمار ۴: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن دامی (گوساله) و ۲۵٪ روغن گیاهی (کانولا)

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی جایگزینی روغن پیه گاو و روغن کانولا به جای روغن ماهی جیره بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. از آنجا که هرگونه تغییر در فرمولاسیون جیره و برنامه تغذیه‌ای ماهی، یا باید باعث بهبود شاخص‌های رشد و یا باعث افزایش شرایط ایمنی و به دنبال آن افزایش درصد بازماندگی ماهی شود، لذا در این مطالعه به بررسی تاثیر این جایگزینی بر وزن نهایی، میزان افزایش بدن و درصد زنده‌مانی پرداخته شد. اختلاف معنی‌داری در وزن اولیه ماهیان مشاهده نشد. نتایج بدست آمده از فراسنجه‌های رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در انتهای دوره نشان داد

DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971 مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸

که بیشترین میانگین وزن نهایی، میزان افزایش وزن و درصد زنده مانی، متعلق به تیمار ۱ (۱۰۰ درصد روغن ماهی) و همچنین تیمار ۴ (٪۵۰ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن دامی و ۲۵٪ روغن کانولا) بود و کمترین میانگین وزن نهایی، میزان افزایش وزن و درصد زنده مانی متعلق به تیمار ۲ (۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن دامی) بود.

Monteiro و همکاران (۲۰۱۸) جایگزینی ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مخلوط روغن‌های حیوانی را به جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) بررسی نمودند. در این تحقیق جایگزینی جزئی تا ۷۵ درصد تاثیری در فراسنجه‌های رشد نظیر وزن نهایی و شاخص رشد روزانه نشان نداد، ولی جایگزینی ۱۰۰ روغن حیوانی با روغن ماهی باعث کاهش معنی‌دار، وزن نهایی و شاخص رشد روزانه در این تیمار شد (۲۴). Baweja و Babbar (۲۰۱۵) فاکتورهای رشد و ترکیب اسیدچرب ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) پرورش یافته با جیره محتوی روغن های حیوانی (چربی طیور و چربی غاز) را به جای روغن ماهی بررسی کردند (۶). نتایج آنها نشان داد که جایگزینی ۲۵ تا ۵۰ درصد روغن ماهی با روغن‌های حیوانی تاثیر منفی بر فراسنجه‌های رشد، بقاء، ترکیب شیمیایی عضله ماهی نداشته و باعث کاهش قیمت تمام شده جیره شد.

Nogales-Mérida و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه حاضر جایگزینی ۵۰ درصد روغن ماهی با روغن پیه گوساله، تغییرات کاهشی معنی‌داری در فراسنجه‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طی دوره پرورش نشان داد (۳۰). همچنین افزایش سهم روغن پیه گاو در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمار ۲ (۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن دامی) نسبت به تیمار ۴ (۵۰٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن دامی و ۲۵٪ روغن کانولا) فراسنجه‌های رشد را تحت تاثیر قرار داد و باعث کاهش آنها شد. قابلیت هضم چربی جیره اساسا مربوط به منابع چربی، پروفایل اسید چرب، درجه اشباعیت، طول زنجیره اسید چرب، محل پیوند دوگانه، محل جاگیری اسید چرب روی ساختمان گلیسرول و همچنین به نقطه ذوب روغن بستگی دارد (۲۴). لیپاز ماهی ابتدا اسیدهای چرب PUFA و سپس اسیدهای چرب MUFA را به عنوان سوبسترا ترجیح داده و SFA در برابر فرآیند لیپولیز بسیار مقاوم‌اند (۲۴). لذا در این تحقیق به نظر می‌رسد افزایش سهم روغن پیه گوساله به جهت افزایش اسیدهای چرب اشباع در جیره همراه با کاهش قابلیت هضم و کاهش کارایی غذا، باعث کاهش فراسنجه‌های رشد نظیر میانگین وزن نهایی شده باشد. نتایج فراسنجه‌های رشد در انتهای دوره نشان داد که استفاده از ۲۵٪ روغن پیه گوساله و ۲۵٪ روغن کانولا بر فاکتورهای رشد و افزایش وزن بدن، تاثیر مطلوبتری در مقایسه با استفاده از هر کدام از روغن‌های دامی و گیاهی به تنهایی در کنار روغن ماهی در زمان جایگزینی ۵۰ درصد روغن ماهی داشت.

در این مطالعه اختلاف معنی‌داری در مقدار کلسترول و تری‌گلیسرید بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). باتوجه به نتایج حاصله مقدار کلسترول در نمونه شاهد بیشترین و مقدار آن در تیمار ۳ (تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن گیاهی) کمتر از سایر تیمارها بود. همچنین کمترین مقدار تری‌گلیسرید در تیمار ۲ (تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن پیه گوساله) مشاهده شد. Monteiro و همکاران (۲۰۱۸) در جایگزینی ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مخلوط روغن‌های حیوانی (روغن طیور و روغن پستانداران شامل ۷۰ درصد روغن خوک و ۳۰ درصد روغن پیه گوساله) به جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) عدم تفاوت معنی‌دار در مقدار کلسترول و تری گلیسرید سرم خون را گزارش کردند (۲۴). Bowyer و همکاران (۲۰۱۲) نیز عدم تفاوت معنی‌دار در مقدار کلسترول و تری‌گلیسرید در شاه ماهی دم‌زرد (*Seriola lalandi*) در زمان جایگزینی ۵۰

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸ DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

درصد روغن ماهی با روغن طیور را گزارش کردند. اما در جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن طیور در همین گونه، سطوح کلسترول پلاسما به طور معنی‌داری کاهش یافت (۸). Perez و همکاران (۲۰۱۴) در ماهی جوان گیل هد (*Sparus aurata*) کاهش سطوح تری‌گلیسرید و کلسترول سرم را در ماهی تغذیه شده با جیره عاری از روغن ماهی که ترکیبی از روغن پیه گوساله و روغن گیاهی بود را گزارش کردند (۳۲) که همسو با نتایج حاضر می‌باشد. Yu و همکاران (۲۰۱۷) در زمان جایگزینی جزیی و کامل روغن سویا با روغن ماهی در جیره غذایی تبرزین‌ماهی (*Myxocyprinus asiaticus*) تفاوت معنی‌داری در میزان تری‌گلیسرید سرم خون مشاهده نکردند، ولی سطح کلسترول سرم در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و بیشترین آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد روغن ماهی و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد روغن سویا بود (۴۴). نتایج محققین مذکور همسو با نتایج حاضر می‌باشد. Peng و همکاران (۲۰۰۸) و Richard و همکاران (۲۰۰۶) به ترتیب در رابطه با سی‌باس سیاه و سی‌باس اروپایی تغذیه شده با روغن گیاهی، محتوای کلسترول پایین‌تری در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی روغن ماهی گزارش کردند (۳۱ و ۳۳).

Dannevig و Norum (۱۹۸۲) و Gilman و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که وجود فیتوسترول در روغن‌های گیاهی می‌تواند بر جذب و متابولیسم کلسترول در ماهی تاثیر بگذارد (۱۱ و ۱۹).

بر طبق نتایج به دست آمده در این پژوهش، با کاهش روغن ماهی در جیره‌های آزمایشی و افزایش درصد روغن گیاهی، کلسترول پلاسما نیز کاهش یافت. علت اصلی بالا بودن مقدار کلسترول در تیمار شاهد وجود اسیدهای چرب امگا-۳ در روغن ماهی می‌باشد. منابع جانوری نظیر پروتئین و یا روغن ماهی منجر به افزایش سطح کلسترول پلاسما می‌شود و ترکیبات گیاهی از جمله پروتئین و روغن‌های گیاهی خاصیت ضدکلسترولی دارند (۱۲، ۳۴، ۴۲). Fernandez و West (۲۰۰۵)، بیان کردند جیره‌های شامل روغن‌های گیاهی، غنی از اسیدلینولئیک و لینولنیک هستند و این اسیدها در کاهش کلسترول نقش دارند (۱۴). وجود فیتوسترول در روغن‌های گیاهی بر جذب کلسترول مؤثر هستند. فیتوسترول‌ها با کلسترول برای جذب در روده‌ها رقابت می‌کنند، لذا موجب کاهش سطح کلسترول خون می‌شوند.

در ماهیان استخوانی، افزایش سطح کورتیزول و گلوکز را به عنوان پاسخ به استرس در نظر می‌گیرند (۵، ۱۰). در تحقیق حاضر با جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی و روغن حیوانی در جیره، سطوح گلوکز و کورتیزول که در واقع یک نوع پاسخ به استرس می‌باشند، افزایش یافت. بین تیمارهای ۲، ۳ و ۴ بیشترین سطح گلوکز و کورتیزول در تیمار ۲ مشاهده شد که در آن ۵۰ درصد روغن ماهی جایگزین روغن پیه گوساله شده بود. این امر نشان از استرس بالاتر این تیمار در مقایسه با تیمار ۳ و تیمار ۴ می‌باشد. این طور می‌توان استنباط کرد که بالا رفتن درصد جایگزینی روغن حیوانی با روغن ماهی باعث تشدید استرس در ماهی می‌شود. گلوکز از فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون است که میتواند به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در تعیین وضعیت زیستی ماهی بکار رود و دارای نقش مهمی در تولید انرژی جانوران با تولید ATP دارد. سطوح گلوکز در هر زمان وابسته به فاکتورهای مختلفی مثل جیره غذایی، سن، تغذیه و فصل است و از مهمترین پاسخ های ثانویه در ارتباط با بالا رفتن کورتیزول است. به این دلیل که افزایش سطوح کورتیزول می‌تواند موجب کاتابولیسم قند کبد و تقویت تجزیه کلیگوژن کبد به دلیل تامین انرژی طی فرآیند استرس شود و گلوکز را افزایش می‌دهد. همچنین میزان گلوکز در پلاسما تابع عواملی مانند میزان جذب سطحی از روده، مقدار تولید به وسیله کبد و میزان جذب در بافت‌ها است. حفظ غلظت گلوکز در پلاسما به وسیله گلیکوژنز در کبد، گلیکولیز و

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸ DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

گلوکونئوژنز صورت می‌گیرد (۲۰). در مطالعه حاضر، اختلاف معنی‌داری در مقادیر گلوکز سرم خون بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). نمونه شاهد (تیمار ۱)، کمترین میزان گلوکز را در سرم خون و تیمار ۲ (تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن پیه گوساله) بیشترین میزان گلوکز را داشت.

Monteiro و همکاران (۲۰۱۸) در جایگزینی ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مخلوط روغن‌های حیوانی (روغن طیور و روغن پستانداران شامل ۷۰ درصد روغن خوک و ۳۰ درصد روغن پیه گوساله) به جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی سی‌باس اروپایی عدم تفاوت معنی‌داری در مقدار گلوکز سرم خون را گزارش کردند (۲۴). گلوکز کربوهیدراتی است که نقش اساسی در مکانیزم بیوانرژتیک جانوران ایفا می‌کند و نوعی از ذخیره انرژی به صورت شیمیایی است که می‌تواند در صورت لزوم به انرژی مکانیکی تبدیل شود. از طرفی افزایش قند خون (گلوکز)، یک پاسخ متداول به استرس است که در نتیجه اثر کتکول-آمین و کورتیزول بروز می‌کند (۱). بنابراین وجود تغییر معنی‌دار در سطح گلوکز پلاسما خون نشان می‌دهد که فرآیند جایگزینی روغن ماهی در جیره با روغن‌های دیگر به ویژه با روغن حیوانی (به دلیل بیشترین مقدار گلوکز در تیمار ۲ که شامل ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن پیه گوساله)، تاثیر معنی‌داری بر مکانیزم انرژی و عملکرد اندام‌های دخیل در سوخت و ساز گلوکز مانند کبد داشته است که این تاثیر می‌تواند به جهت مقادیر بالای اسید چرب تک غیر اشباع (MUFA) و اسیدهای چرب اشباع (SFA) در روغن پیه گوساله و عدم توازن اسیدهای چرب ضروری در جیره آن باشد. در این حالت به جهت نیاز بیشتر به انرژی برای مقابله با عامل استرس، عدم توانایی تنظیم قند خون و متابولیسم چربی‌ها، تجزیه گلیکوژن کبدی افزایش و مقدار گلوکز در خون افزایش می‌یابد.

در مطالعه حاضر، جایگزینی جزئی روغن دامی و روغن گیاهی کانولا به جای روغن ماهی منجر به اختلاف معنی-داری در مقادیر پروتئین سرم خون در بین تیمارهای مختلف با نمونه شاهد شد ($P\leq$۰/۰۵). میزان پروتئین در سرم خون نمونه شاهد بیشترین و در تیمار ۴ کمترین مقدار بوده است. در حالی که اختلاف معنی‌داری در مقدار آن بین تیمارهای ۲، ۳ و ۴ نبود.Yu و همکاران (۲۰۱۷) در زمان جایگزینی جزیی و کامل روغن سویا با روغن ماهی در جیره غذایی تبرزین‌ماهی (*M. asiaticus*) تفاوت معنی-داری در پروتین کل مشاهده نکردند (۴۴) که مغایر با نتایج مطالعه حاضر بود. Kim و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که منابع مختلف روغن در جیره ماهی فلاندر زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) تاثیر معنی‌داری بر پروتئین کل سرم ندارد. همچنین Lee و Cho (۲۰۰۸) گزارش کردند که منابع روغنی مختلف در جیره‌های غذایی ماهی کاد تأثیر معنی‌داری بر پروتئین پلاسما، گلوکز و هماتوکریت ندارد (۲۳).

پروتئین‌ها مهمترین ترکیبات سرم خون هستند. آلبومین و گلوبولین عمده‌ترین پروتئین‌های سرم خون می‌باشند (۲). تغییر سطح پروتئین‌های سرم به عنوان شاخص مناسبی برای بررسی وضعیت دفاع ایمنی ماهی مطرح است. پروتئین تام پلاسما شامل آلبومین و گلوبولین است. تصور می‌شود که افزایش و کاهش میزان آلبومین و پروتئین سرم در ارتباط با تحریک سیستم ایمنی غیراختصاصی میزبان باشد (۳).

پروتئین کل به عنوان یک شاخص بالینی، در سنجش وضعیت تغذیه‌ای، عملکرد سیستم عروقی، کبدی و تعیین کننده وضعیت سلامتی ماهی بکار برده می‌شود. در مطالعه حاضر نیز افزایش میزان پروتئین کل خون می‌تواند به دلیل تضعیف واکنش‌های اختصاصی در عملکرد اندام‌های سازنده آلبومین و گلوبولین (کبد و کلیه) ماهی باشد. در تحقیق حاضر با جایگزینی روغن ماهی با روغن کانولا و

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸
DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

روغن پیه گوساله در جیره، سطوح گلوکز و کورتیزول که در واقع یک نوع پاسخ به استرس می‌باشند، افزایش یافت که نشان از بروز استرس در تیمارهای ۳ و به ویژه تیمار ۲ می‌باشد. **ولی مقدار** ایمونوگلبولین (Igm) و لیزوزیم در زمان جایگزینی جزئی روغن دامی و گیاهی به جای روغن ماهی بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری نشان نداد ($P>۰/۰۵$).

لکوسیت‌ها (گلبول‌های سفید) از منابع اصلی تولید لیزوزیم هستند. افزایش فعالیت اجزاء ایمنی نشان‌دهنده افزایش توان ایمنی در برابر عوامل بیماریزای مهاجم می‌باشد. محرک‌های ایمنی که باعث افزایش میزان لیزوزیم پلاسما می‌شوند. در حقیقت باعث افزایش نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها در جریان خون می‌شوند که آنها نیز با ترشح لیزوزیم باعث افزایش آن در سرم می‌شوند. استرس باعث کاهش میزان آن می‌شود، ولی بیماری‌ها به دلیل تحریک سیستم ایمنی و افزایش میزان گلبول‌های سفید باعث افزایش لیزوزیم می‌شوند (۱۸). Larbi Aysis و همکارن (۲۰۱۸) نشان دادند که جایگزینی (۰، ۲۵،۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) روغن ماهی با روغن پالم در جیره ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) تفاوت معنی‌داری در مقدار لیزوزیم سرم خون نشان نداد (۲۲). Subhadra و همکاران (۲۰۰۶) نیز هیچ تفاوتی در خصوص میزان لیزوزیم سرم خون ماهی باس دهان‌بزرگ (*Micropterus salmoides*) در هنگام جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی مشاهده نکردند (۳۵). همچنین Montero و همکاران (۲۰۰۸) در هنگام مطالعه اثر جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی گزارش نمودند که تفاوت معنی‌داری در میزان لیزوزیم سرم خون ماهی باس دریایی (*Sparus aurata*) وجود ندارد (۲۶). مطالعه حاضر هماهنگ و همسو با مطالعات برخی محققین دیگر (۱۷، ۴۳، ۲۵) در زمان مطالعه اثر جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی مختلف دیگر Geay و همکاران (۲۰۱۵)، Yildirim و همکاران (۲۰۱۳) و Montero و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد.

به هر حال Giang و همکاران (۲۰۱۳) به هنگام جایگزینی روغن ماهی با روغن سویا در جیره ماهی (*Pelteobagrus vachelli*) تفاوت معنی‌داری در مقدار لیزوزیم سرم خون مشاهده کردند (۱۸). قلیچی و ناصری خلخالی (۱۳۹۲) نیز اثرات جایگزینی سطوح مختلف روغن گیاهی کانولا با روغن ماهی در جیره غذایی بر فاکتورهای ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند (۴). آنها اختلاف معنی‌داری در مقدار لیزوزیم سرم خون بین تیمارهای مختلف مشاهده کردند. بیشترین مقدار لیزوزیم مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد روغن ماهی بود. تفاوت در نتایج تحقیقات مختلف احتمالا ناشی از تفاوت در ترکیب اسید چرب و تفاوت در نسبت n-3/ n-6 جیره می‌باشد که می‌تواند بر ایمنی و مقاومت بر بیماری تاثیر بگذارد (۲۵). در تحقیق حاضر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در مقدار لیزوزیم در زمان جایگزینی جزئی روغن دامی و گیاهی به جای روغن ماهی بین تیمارهای مختلف و نمونه شاهد نشان‌دهنده عدم بروز عارضه‌ای در این ماهیان باشد. نتایج حاصل از بررسی تعداد لکوسیت‌ها نیز این موضوع را تأیید می‌نماید. به هر حال نمی‌توان با قاطعیت این موضوع را اعلام نمود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر با توجه به پاسخ‌های رشد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی سرم خون خون نشان داد که با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار تیمار چهار با تیمار شاهد و جهت کاهش هزینه تغذیه، جایگزینی ۲۵٪ روغن پیه گاو و ۲۵٪ روغن کانولا به جای روغن ماهی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان امکان‌پذیر می‌باشد.

تقدیر و تشکر

از کارشناسان کارگاه آموزشی- پژوهشی آبزی‌پروری دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر که در طی مراحل عملی این تحقیق همواره یاور ما بوده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. همچنین از کارشناسان آزمایشگاه آب،

DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971 مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸

خاک و گیاه گنبد کاووس که در مراحل آزمایشگاهی تحقیق ما را یاری نمودند، صمیمانه تشکر می‌نمائیم.

منابع

۱- حسینی، س.م.، قلیچ‌پور، م.، ۱۳۹۲. اثر غلظت‌های مختلف یوجینول و زمان بیهوشی بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی قرمز (*Carassius auratus*). نشریه پژوهش‌های ماهی-شناسی کاربردی، دوره اول، شماره ۱، صفحه‌های ۲۹ تا ۴۰.

۲- خانی، ف.، ایمانپور، م.ر.، کلنگی‌میاندره، ح.، قائدی، ع.ر.، تقی-زاده، و.، ۱۳۹۴. اثر نوکلئوتید جیره با پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرم خون تاسماهی ایرانی جوان (*Acipenser persicus*). مجله علمی شیلات ایران، سال ۲۴، شماره ۳، صفحه-های ۱۷۹ تا ۱۸۹.

۳- عادل، م.، پورغلام، ر.، ذریه زهرا، س.ج.، قیاسی، م.، ۱۳۹۴. تأثیر سطوح مختلف عصاره نعناع فلفلی بر برخی از شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی و ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncornhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران، سال ۲۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، صفحه‌های ۳۷ تا ۴۷.

۴- قلیچی، ا. و ناصری، ا.، ۱۳۹۳. اثرات جایگزینی سطوح مختلف روغن گیاهی کانولا با روغن ماهی در جیره غذایی بر فاکتورهای ایمنی و آنزمی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله محیط زیست جانوری، سال ششم، شماره ۲، صفحه‌های ۱۷ تا ۲۶.

5- Abreu, J.S., Sanabria-Ochoa, A.I., Goncalves, F.D., and Urbinati, E.C., 2008. Stress responses of jovenile Matrinxa (*Brycon amazonicus*) after transport in a closed system under different loading densities. Ciencia Rural 38(5), 1413-1417.

6- Baweja, S., and Babbar, B.K., 2015. Growth performance and tissue fattty acid conposition of *Cyprinus carpio* (LINN.) reared on feeds contining animal fats as fish oil replacement. An Internatinal Quaterly of Life Sciences 10(2), 655-660.

7- Bell, J., pratoomyot, J., strachan, F., Henderson, R., fontanillas, R., Hebard, A., Guy, D., Hunter, D., and Tocher, D., 2010. Growth, flesh adiposity and fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) families with contrasting flesh adiposity: Effects of replacement of dietary fish oil with vegetable oils. Aquaculture 306, 225–232.

8- 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.

9- Burtis, C.A., Ashwood, E.R., and Brund, D.E., 1994. Tietz Textbook of Clinical Chemistry (5thed.).W.B.Sunders Company. Philadelphia. USA, 560p.

10- Cataldi, E., Di Marco, P., Mandich, A., and Cataudella, S., 1998. Serum parameters of Adriatic sturgeon *A. naccarii* (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress. Comparative Biochemistry and Physiology 121A: 351- 354.

11- Dannevig, B.H., and Norum, K.R., 1982. Cholesterol esterification and lipids in blood plasma of the char (*Salmo alpinus L.*) during sexual maturation. Comparative Biochemistry and Physiology 73, 771–777.

12- Debry, G., 2004. Dietary Proteins and Atherosclerosis. CRC Press. USA. 368P.

13- Emery, J.A., Smullen, R., Keast, R.S.J., and Turchini, G.M., 2016. Viability of tallow inclusion in Atlantic salmon diet, as assessed by an on-farm grow out trial. Aquaculture 451, 289–297.

14- Fernandez, M.L., and West, K.L., 2005. Mechanisms by which dietary fatty acids modulate plasma lipids. The Journal of Nutrition 135, 2075-2078.

15- 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.

16- Gause, B.R., and Trushenski, J.T., 2013. Sparing fish oil with beef tallow in feeds for rainbow trout: effects of inclusion rates and finishing on production performance and tissue fatty acid composition. North American Journal of Aquaculture 75 (4), 495–511.

17- Geay, F., Mellery, J., Tinti, E., Douxfils, J., Larondelle, Y., and Mandiki, S.N.M., 2015. Effects of dietary linseed oil on innate immune system of Eurasian perch and disease resistance after exposure to *Aeromonas salmonicida achromogen*. Fish & Shellfish Immunology 47, 782–796.

18- Giang, X., Chen, L., Qin, J., Qin, C., Jiang, H., and Li, E., 2013. Effects of dietary soybean oil inclusion to replace fish oil on growth, muscle fatty acid composition, and immune responses of juvenile darkbarbel catfish, *Pelteobagrus vachelli*. African Journal of Agricultural Research 8(16): 1492–1499.

19- Gilman, C.I., Leusch, F.D.L., Breckenridge, W.C., and MacLathcy, D.L., 2003. Effects of a phytosterol mixture on male fish plasma lipoprotein fractions and testis P450scc activity. Gen Comp Endocrinol. General and comparative Endocrinology 130(2), 172-184.

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸ DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

20- Haschek, W.M., Rousseaux, C., and Walling M.A., 2010. Fundamental of Toxicologic Pathology. Academic Press, USA. 720P.

21- Kim, D.K., Kim, K.D., Seo, J.Y., and Lee, S.M., 2012. Effects of Dietary Lipid Source and Level on Growth Performance, Blood Parameters and Flesh Quality of Sub-adult Olive Flounder (Paralichthys olivaceus). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 25(6), 869–879. https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11470

22- Larbi Ayisi, C., Zhao, J., and Wu, J.W., 2018. Replacement of fish oil with palm oil: Effects on growth performance, innate immune response, antioxidant capacity and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). PLOS ONE 13(4), e0196100. https://doi.org/10.1371/journal.

23- Lee, S.M., and Cho, S.H., 2008. Influences of dietary fatty acid profile on growth, body composition and blood chemistry in juvenile fat cod (*Hexagrammos otakii*). Aquaculture Nutrition 15, 19-28.

24- Monteiro, M., Matos, E., Ramos, R., Campos, I., M.P., 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.

25- Montero, D., Mathlouthi, F., Tort, L., Afonso, J.M., Torrecillas, S., and FernándezVaquero, A., 2010. Replacement of dietary fish oil by vegetable oils affects humoral immunity and expression of pro-inflammatory cytokines genes in gilthead sea bream *Sparus aurata*. Fish and Shellfish Immunology 29, 1073–1081.

26- Montero, D., Grasso, V., Izquierdo M.S., Ganga, R., Real, F., Tort, L., Caballero, M.J. 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

27- 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 and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 145(3-4), 389-399.

28- Mwachireya, S.A., Beams, R.M., Higgs, D.A., and Dosanjh, B.S., 1999. Digestibility of canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of commercial canola meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh water. Aquaculture Nutrition 5, 73-82.

29- 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. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 106 (36), 15103–15110.

30- Nogales-Mérida, S., Tomás-Vidal, A., Cerdá, M.J., and Martínez-Llorens, S., 2011. Growth performance, histological alterations and fatty acid profile in muscle and liver of sharp snout sea bream (*Diplodus puntazzo*) with partial replacement of fish oil by pork fat. Aquaculture International 19(5), 917–929.

31- Peng, S., Chen, L., Qin, J., Hou, J., Yu, N., Long, Z., Ye, J., and Sun, X., 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. Aquaculture 276, 154–161.

32- Pérez, J.A., Rodríguez, C., Bolaños, A., Cejas, J.R., and Lorenzo, A., 2014. Beef tallow as an alternative to fish oil in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles: effects on fish performance, tissue fatty acid composition, health and flesh nutritional value. European Journal of Lipid Science Technology 116 (5), 571–583.

33- Richard, N., Mourente, G., Kaushik, S., and Corraze, G., 2006. Replacement of a large portion of fish oil by vegetable oils does not affect lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). Aquaculture 261, 1077–1087.

34- Soltanzadeh, S., Esmaeili Fereidouni, A., Ouraji, H., and Khalili, K.J., 2016. Growth performance, body composition, hematological, and serum biochemical responses of beluga (*Huso huso*) juveniles to different dietary inclusion levels of faba bean (*Vicia faba*) meal. Aquaculture International 24, 395–413.

35- Subhadra, B., Lochmann, R.T., Rawles, S., and Chen, R., 2006. Effect of dietary lipid source on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquaculture 255, 210-222.

36- 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.

37- Tacon, A.G.J. 2004. Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. Aquatic Resources, Culture and Development 1 (1), 3-1.

38- Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Reviews in Fisheries Science 11, 107–184.

39- Trinder, P., 1969. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. Annuals of Clinical Biochemistry 6, 24-27.

40- Turchini, G.M., Torstensen, B.E., and Ng., W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture, 1: 10-57.

41- Wootton, L.I., 1964. Micro-analysis in medical biochemistry in micrometer, 4th.ed. J &A Churchill, London. 264p.

42- Yaghoubi, M.T., Mozanzadeh, M., Marammazi, J.G., Safari, O., Gisber, E., 2016. Dietary replacement of

مقاله پژوهشی، صفحات۱۶۳-۱۴۸ DOI: 10.22034/jar.2025.8457.1971

fish meal by soy products (soybean meal and isolated soy protein) in silvery black porgy juveniles (*Sparidentex hasta*). Aquaculture 464, 50–59.

43- Yildirim,Ö., Acar, Ü., Tűrker, A., Sunar M.C., and Yilmaz, S., 2013. The effects of partial or total replacement of fish oil by unrefined peanut oil on growth and chemical composition of common carp (*Cyprinus carpio*). Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 65, 5 pages. DOI:IJA_65.2013.919

44- Yu, D-H., Chang, J-Z., Dong, G-F., and Liu, J., 2017. Replacement of fish oil with soybean oil in diets for juvenile Chinese sucker (*Myxocyprinus asiaticus*): effects on liver lipid peroxidation and biochemical composition. Fish Pysiology and Biochemistry 43(5), 1413-1420. Doi: 10.1007/s10695-017-0381-0.

The effect of replacing dietary fish oil with animal and vegetable oil on biochemical and immune parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) serum

Alami S[1]., Jorjani S[1]., Ghelichi A[1]., Kazemi R.[2] and Ghiasvand Z[1]

[1] Department of Fisheries, College of Agriculture and Natural Resources, Azadshahr Branch, Islamic Azad Uninersity, Azadshahr, I.R. of Iran

[2] International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Reasearch Institute, Rasht, I.R. of Iran

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of replacing beef tallow and canola oil with dietary fish oil on hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). For this purpose, 250 fish with an average weight of about 20 grams were selected and randomly with 3 replications as: treatment 1 or control (diet containing 100% fish oil), treatment 2 (diet containing 50% fish oil and 50% beef tallow, treatment 3 (diet containing 50% fish oil and 50% canola oil) and treatment 4 (diet containing 50% fish oil, 25% beef tallow and 25% canola oil) were treated in a 500 liter fiberglass basin. The fish were fed twice for 90 days. At the end, blood samples were taken from the caudal vein and blood indices were measured. The results showed that the highest mean final weight, weight gain and survival rate belonged to treatment 1 and 4 and the lowest amount of these parameters belonged to treatment 2 ($P \leq 0.05$). The amount of cholesterol in the control sample was the highest. The amount of cholesterol in treatment 3 was lower than other treatments. The lowest amount of triglyceride was observed in treatment 2. The highest levels of glucose and cortisol were observed in treatment 2. No significant difference in the amount of immunoglobulin and lysozyme was observed among different treatments. According to the results the replacement of 25% beef tallow oil and 25% canola oil instead of fish oil in Rainbow trout diet is possible.

Keywords: Rainbow trout, Fish oil, Beef tallow, Canola oil, Biochemical and immune parameters of blood serum