

اثرات جایگزینی سطوح مختلف روغن گیاهی کانولا با روغن ماهی در جیره غذایی بر فاکتورهای ایمنی و آنزیمی ماهی قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

- افشین قلیچی*: گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، صندوق پستی: ۳۰
- الناز ناصری خلخالی: گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، صندوق پستی: ۳۰

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۲

چکیده

جایگزینی سطوح مختلف روغن های گیاهی با روغن ماهی می تواند بر پاسخ سیستم ایمنی ماهیان تاثیر گذار باشد. این تحقیق برای ارزیابی تاثیر اسیدهای چرب بر سیستم ایمنی ماهی قزل آلابی رنگین کمان در هنگام جایگزینی روغن کانولا با روغن ماهی طی یک دوره ۵۰ روزه انجام شد. تعداد ۳۰۰ عدد ماهی با وزن متوسط $63/5 \pm 0/6$ گرم و با تراکم ۲۵ عدد به حوضچه های ۵۰۰ لیتری فایبرگلاس توزیع و تغذیه شدند. برای این منظور چهار تیمار با دو تکرار شامل جایگزینی روغن گیاهی کانولا با مقادیر ۰، ۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ درصد با روغن ماهی در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج حاصله، مقادیر آنزیم های کبدی (AST، ALP، ALT، LDH) در تیمار حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی به طور معنی داری بیش تر از سایر تیمارها بود ($P < 0/05$). مقادیر لیزوزیم و ایمونوگلوبولین سرم خون نیز در تیمار حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی به طور معنی داری بیش تر از سایر تیمارها بود. هم چنین در این تیمار مقادیر کمپلمان های C^۳ و C^۴ بیش تر از تیمارهای دیگر بود. ولی مقدار کمپلمان ACH^{۵۰} در تیمار حاوی ۱۰۰٪ روغن کانولا به طور معنی داری بیش تر از سایر تیمارها بود ($P < 0/05$). با توجه به این که مقادیر آنزیم های کبدی در تیمارهای حاوی روغن کانولا کم تر از تیمار حاوی روغن ماهی بود، می توان نتیجه گیری نمود که جایگزینی روغن کانولا با روغن ماهی در جیره غذایی در یک دوره ۵۰ روزه، نه تنها تاثیر منفی بر فاکتورهای ایمنی و آنزیمی ماهی قزل آلابی رنگین کمان ندارد، بلکه باعث بهبود شرایط ایمنی و آنزیمی نیز خواهد شد.

کلمات کلیدی: قزل آلابی رنگین کمان، روغن کانولا، روغن ماهی، سیستم ایمنی، آنزیم های کبدی سرم

مقدمه

امروزه باتوجه به روند رو به رشد جمعیت جهان و نیاز انسان‌ها به دستیابی به منابع پروتئینی متنوع و سالم، آبی‌پروری می‌تواند به‌عنوان یکی از طرق تأمین پروتئین مورد نیاز نقش مهمی را ایفاء کند. از همین‌رو پیش‌بینی می‌شود که در دو دهه آینده، آبی‌پروری نقش به‌سزایی را در تأمین غذای بشر و کاهش فقر جهانی ایفاء کند (Bell و همکاران، ۲۰۰۳).

فزل‌آلای‌رنگین‌کمان از خانواده آزاده‌ماهیان (Salmonidae) به نام علمی *Onchorhynchus mykiss* و با نام انگلیسی Rainbow trout است. در میان آزاده‌ماهیان این گونه تنها گونه‌ای است که برای پرورش بسیار مناسب تشخیص داده شده است، زیرا در برابر تغییرات محیطی نظیر مقدار CO_2 و O_2 محلول در آب، آلودگی‌های کم و درجه حرارت، مقاوم بوده و از سرعت رشد مناسبی برخوردار است. همچنین این ماهی به‌راحتی از غذاهای دستی استفاده می‌کند (ستاری، ۱۳۸۶).

از آن‌جاکه در آبی‌پروری برای تولید غذای تجاری، پودر و روغن ماهی مصرف می‌شود، مطالعات در مورد ده گونه ماهی مهم پرورشی نشان داده که به‌طور میانگین برای تولید یک کیلوگرم ماهی پرورشی که با غذاهای تجاری پرورش می‌یابد تقریباً ۱/۹ کیلو گرم ماهی، به منظور تولید پودر و روغن ماهی مصرف می‌شود (Naylor و همکاران، ۲۰۰۰).

دانشمندان پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۵۰ کاهش شدیدی در استحصال تمامی گونه‌های آبی‌پرور رخ خواهد داد و این امر می‌تواند صنعت آبی‌پروری را به‌دلیل عدم امکان تهیه پودر و روغن ماهی، تهدید نماید. لذا صنعت آبی‌پروری به منظور کاهش این فقدان می‌بایست به‌دنبال منابع پایدارتر و کم‌هزینه‌تر دیگر باشد (Turchini و همکاران، ۲۰۰۹).

محققین بسیاری برای فائق آمدن بر این مشکل درصدد جایگزینی پودر ماهی با پروتئین‌های آلی و نیز روغن ماهی با روغن‌های گیاهی دیگر می‌باشند (Turchini و همکاران، ۲۰۰۹؛ Lunger و همکاران، ۲۰۰۵). در این بین جایگزینی روغن ماهی با منابع مختلف روغن‌های گیاهی در جیره غذایی ماهیان پرورشی به یک ضرورت تبدیل شده است.

چربی در جیره غذایی ماهی نه تنها یک منبع انرژی می‌باشد بلکه نقش مهمی در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی بدن دارد. این اسیدهای چرب و به‌ویژه اسیدهای

چرب ضروری^۱ در تکامل جنینی، تخم‌ریزی سیستم ایمنی، عکس‌العمل‌های استرسی و در مکانیزم تطابق نقش بسیار مهمی دارند (Bell و Sargent، ۲۰۰۳؛ Sargent و همکاران، ۲۰۰۲).

جهت جایگزینی روغن ماهی با سایر منابع روغنی تعادل مناسب اسیدهای چرب ضروری، برای تأمین رشد بهینه و ایجاد مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و استرس‌های محیطی ضروری است. جایگزینی روغن ماهی به‌صورت جزئی و کلی با روغن‌های گیاهی با وجود کاهش معنی‌دار قیمت تمام شده ماهی و غذا می‌تواند بر سلامت ماهی و کیفیت فیله تأثیر بگذارد (Demska-Zakeo و همکاران، ۲۰۱۲).

مطالعات علمی گسترده‌ای در مورد استفاده از روغن‌های گیاهی در تغذیه ماهی و تأثیر آن بر پارامترهای رشد، ضریب تبدیل غذایی، شاخص قیمت، کیفیت فیله، پروفایل اسیدچرب فیله انجام شده است. اما مطالعات بسیار اندکی در مورد تأثیر جایگزین کردن روغن‌های گیاهی بر سلامت ماهی موجود است. جایگزینی بر فاکتورهای خونی و سیستم ایمنی بدن و نیز بافت کبد (کبد محل اصلی سنتز چربی می‌باشد) و مقدار ترشح آنزیم‌های کبدی تأثیرگذار خواهد بود. همچنین با تغییر جیره از حالت طبیعی برای مدت طولانی ممکن است سیستم ایمنی ماهی تحت تأثیر قرار گیرد.

به‌طور کلی اتفاق نظر محققین بر این است که فاکتورهای خونی و سرمی در ماهیان در گونه‌های مختلف با هم تفاوت داشته و ارتباط و وابستگی زیادی با شرایط محیطی، تغذیه‌ای، سن و ... دارد. بنابراین باید برای هر گونه ماهی، در شرایط اقلیمی هر منطقه، مقادیر طبیعی این فاکتورها وجود داشته باشد. تغییر در خصوصیات پارامترهای خونی، شاخص مهمی در انعکاس بیماری‌ها و علائم استرس همانند فرآیند تطابق به شرایط متفاوت محیطی هستند (Yildiz، ۲۰۰۹).

سلول‌های موجود در اندام‌ها، حاوی آنزیم‌هایی هستند که در ارتباط با کارکرد خاص سلول مربوطه فعالیت می‌کنند و تمام واکنش‌های بیوشیمیایی داخل سلول توسط آن‌ها کاتالیز می‌شوند. هنگامی که سلول دچار آشفتنگی می‌شود آنزیم‌ها به مایعات بین بافتی و از آن‌جا به سرم خون و مایع مغزی-نخاعی وارد می‌شوند بنابراین سنجش میزان و فعالیت آنزیم‌های مایعات بیولوژیک، محققین را به‌نحوه کارکرد بافت‌ها و اعضای مختلف راهنمایی می‌کند. رهایی آنزیم‌ها و ورود آن‌ها به گردش خون علل مختلفی دارد از جمله نکروز سلولی و آنوکسی که

ماهی به تیمار ۲، ۱۰٪ روغن ماهی + ۵٪ روغن کلزا، به تیمار ۳، ۵٪ روغن ماهی + ۱۰٪ روغن کلزا و همچنین به تیمار ۴، ۱۵٪ روغن کلزا اضافه شد. روغن‌ها بر روی مواد خشک اسپری شد و سپس جیره بر روی سطحی تمیز پخش شد تا در مجاورت هوا خشک شوند. روغن در این مرحله کاملاً جذب جیره شد. سپس هر جیره در ظرف‌های جداگانه که قبلاً توسط برچسب کدگذاری شده بود، قرار داده شد.

نحوه غذادهی: ماهیان روزانه به میزان ۴ درصد وزن بدن در ۳ وعده (ساعات ۸ و ۱۲ و ۱۸) به صورت دستی به مدت ۵۰ روز غذادهی شدند. بعد از هربار زیست‌سنجی و تعیین متوسط زی‌توده موجود در حوضچه‌ها میزان غذای مورد نیاز براساس وزن بدن ماهیان تعیین گردید.

خون‌گیری و تهیه سرم: در انتهای دوره تعداد ۲ عدد ماهی از هر تانک (۴ ماهی از هر تکرار) انتخاب شدند. جهت خون‌گیری از هر ماهی پس از بی‌هوش نمودن آن با اسانس گل میخک، بلافاصله بدن ماهی خشک و با سرنگ استریل از ورید ساقه دمی نمونه‌ها، خون‌گیری به عمل آمد. از هر نمونه مقدار ۱ سی‌سی در لوله‌های فاقد هپارین ریخته شد. به منظور جداسازی سرم، نمونه‌های خون به مدت ۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. سرم جدا شده در لوله‌های کوچک تخلیه و تا زمان بررسی آنزیم‌های کبدی و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم در فریزر نگهداری شدند.

تعیین میزان لیزوزیم پلاسما: برای تعیین میزان لیزوزیم از روش جذب نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر توسط دستگاه الیزا ریدر مارک Bio-Tek ساخت کشور آمریکا استفاده شد.

اندازه‌گیری ایمونوگلوبولین (IgM) سرم: از روش جذب نوری و با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و با دستگاه اتوانالایزر مدل Eurolyser ساخت کشور اتریش استفاده گردید.

اندازه‌گیری آنزیم‌های سرمی خون: در این مطالعه سنجش آنزیم آلانین‌آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارات آمینو ترانسفراز (AST)، لاکتات‌دهیدروژناز (LDH)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، به وسیله دستگاه بیوشیمی آنالایزر ساخت شرکت اپندورف آلمان طبق دستورالعمل شرکت سازنده با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی به روش آنزیمی، اندازه‌گیری شد.

شیوه نمونه‌برداری، روش آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به

باعث از دست رفتن یک‌پارچه غشای سلول شده و آنزیم داخل سلول وارد پلاسما می‌شود. در نتیجه می‌توان با اندازه‌گیری سرم و با توجه به میزان طبیعی آنزیم در سرم، به تغییرات ایجاد شده و اندام درگیر پی برد (مجبایی، ۱۳۷۵).

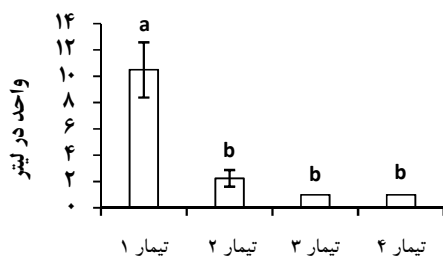
لذا مطالعه سیستم ایمنی ماهیان در چنین حالتی می‌تواند کمک شایانی در انتخاب و بهینه‌سازی جیره مناسب داشته باشد. هدف از تحقیق حاضر مطالعه تأثیر جایگزینی سطوح مختلف روغن گیاهی کانولا با روغن ماهی بر شاخص‌های ایمنی و آنزیمی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بوده است.

مواد و روش‌ها

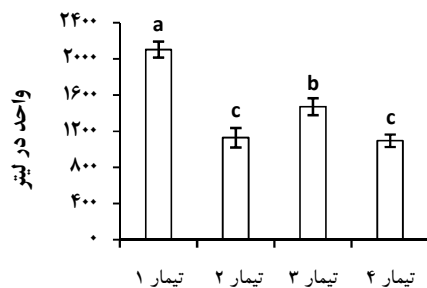
محل و شرایط انجام تحقیق: کلیه مراحل اجرایی این تحقیق در کارگاه آموزشی و پژوهشی آبی‌پروری دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر به انجام رسید. جهت انجام عملیات پرورشی از تعداد ۱۲ حوضچه فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (۵۳ سانتی‌متر × ۱۰۳ سانتی‌متر × ۱۰۵ سانتی‌متر) در کنار یکدیگر در محیط سالن استفاده شد. آب سالن از طریق یک حلقه چاه عمیق تأمین می‌شد.

تهیه بچه‌ماهیان: بچه‌ماهیان از یکی از مراکز پرورشی ماهیان سردابی در شهر فیروزکوه تهیه شدند. تعداد ۳۰۰ عدد ماهی با وزن متوسط 0.16 ± 0.06 گرم و طول متوسط 6.2 ± 0.7 سانتی‌متر انتخاب و به حوضچه‌های ۵۰۰ لیتری که از قبل آماده‌سازی شده بودند، منتقل شدند. قبل از انتقال ماهیان به حوضچه‌ها، وزن و طول کل ماهیان اندازه‌گیری شد. در هر یک از ۱۲ حوضچه فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری تعداد ۲۵ عدد ماهی قرار داده شد. جهت بررسی اثرات جایگزینی روغن گیاهی کلزا و روغن ماهی بر فراسنجه‌های ایمنی و آنزیمی چهار تیمار با ۲ تکرار (جایگزینی ۰ و ۰.۳۳٪ و ۰.۶۷٪ و ۱.۰۰٪ روغن گیاهی کلزا به جای روغن ماهی) طراحی گردید.

آماده‌سازی جیره: جهت ساخت جیره‌های آزمایشی (تیمار ۱: ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: ۶۷٪ روغن ماهی + ۳۳٪ روغن کانولا، تیمار ۳: ۳۳٪ روغن ماهی + ۶۷٪ روغن کانولا و تیمار ۴: ۱۰۰٪ روغن کانولا)، جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قبل از مرحله اضافه کردن روغن ماهی از کارخانه خوراک دام و آبزیان مازندران شهر ساری (پروتئین خام: ۳۵/۳۱، چربی خام: ۵/۳۱) تهیه گردید و به ۸۵۰ گرم جیره خام براساس تیمارهای آزمایشی ۱۵۰ گرم روغن اضافه شد. به تیمار ۱، ۱۵٪ روغن



شکل ۳: نمودار میانگین آنزیم ALT سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصد‌های مختلف روغن ماهی و روغن کانولا



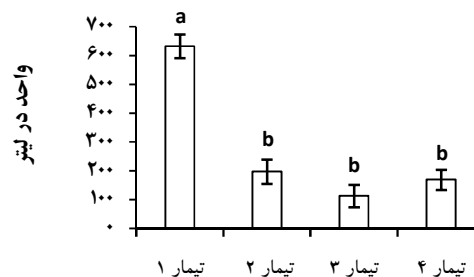
شکل ۴: نمودار میانگین آنزیم LDH سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصد‌های مختلف روغن ماهی و روغن کانولا

هم‌چنین با توجه به نتایج حاصله مقادیر لیپوزیم در تیمار حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای ۳ و ۴ بود ($P < 0.05$). مقادیر ایمونوگلوبولین سرم خون نیز در تیمار حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$). هم‌چنین در این تیمار مقادیر کمپلمان‌های C_3 و C_4 بیش‌تر از تیمارهای دیگر بود. ولی مقدار کمپلمان ACh_5 در تیمار حاوی ۱۰۰٪ روغن کانولا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود ($P < 0.05$) (شکل‌های ۵ تا ۹).

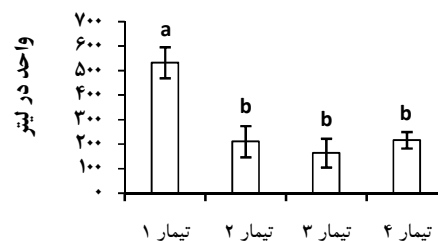
آنزیم‌های سرمی و ایمنی از طریق آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه^۱ و مقایسه میانگین بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن^۲ انجام شد. وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) و ($P < 0.05$) در Excel در محیط ویندوز انجام گرفت و مقادیر $P < 0.05$ معنی‌دار تلقی گردید.

نتایج

نتایج این بررسی نشان داد که ماهیان تغذیه شده با ۱۰۰٪ روغن ماهی، دارای بیش‌ترین میزان آنزیم‌های ALP، AST، ALT و LDH در سرم بودند، به‌طوری که اختلاف معنی‌داری بین این شاخص در مقایسه با سایر تیمارها وجود داشت شد ($P < 0.05$) (شکل ۱ تا ۴).



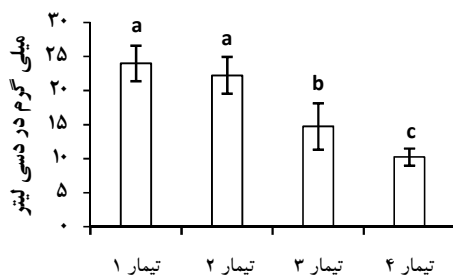
شکل ۱: نمودار میانگین آنزیم AST سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصد‌های مختلف روغن ماهی و روغن کانولا



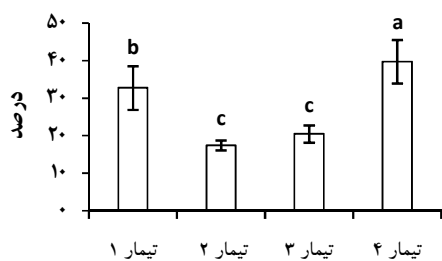
شکل ۲: نمودار میانگین آنزیم ALP سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصد‌های مختلف روغن ماهی و روغن کانولا

^۱ one-way analysis of variance ANOVA

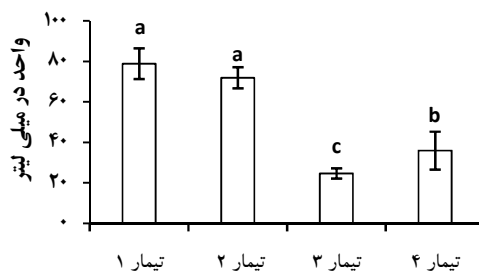
^۲ Duncan's multiple-range test



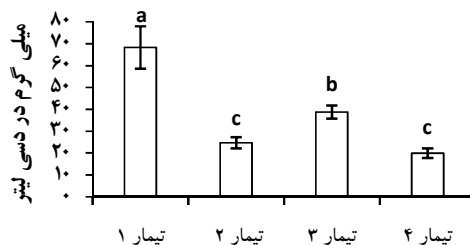
شکل ۸: نمودار میانگین آنزیم C⁴ سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصدهای مختلف روغن ماهی و روغن کانولا



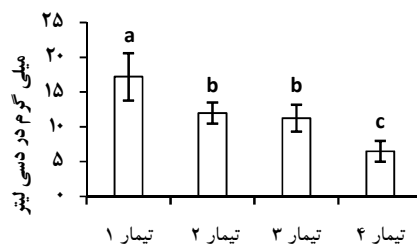
شکل ۹: نمودار میانگین کمپلمان ACH₅₀ سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصدهای مختلف روغن ماهی و روغن کانولا



شکل ۵: نمودار میانگین لیپوپروپین سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصدهای مختلف روغن ماهی و روغن کانولا



شکل ۶: نمودار میانگین IgM سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصدهای مختلف روغن ماهی و روغن کانولا



شکل ۷: نمودار میانگین کمپلمان C³ سرم خون ماهیان قزل آلابی رنگین کمان تغذیه شده با جیره حاوی درصدهای مختلف روغن ماهی و روغن کانولا



بحث

تأثیر چربی موجود در جیره غذایی بر سلامتی و سیستم ایمنی ماهیان چندان مورد مطالعه قرار نگرفته است. تحقیقات اخیر اهمیت اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA) را در سیستم ایمنی ماهیان تأیید می‌نماید.

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، در خصوص آنزیم‌های کبدی نشان داد که در ماهیان تغذیه شده با ۱۰٪ روغن ماهی، میزان آنزیم‌های AST، ALP، ALT و LDH به‌طور معنی‌داری از ماهیان تیمارهای دیگر بالاتر بود. آنزیم‌های AST، ALP و ALT به آنزیم‌های اختصاصی غیرپلاسمایی تعلق دارند که نه تنها در پلاسما خون بلکه در بافت کبد، قلب، آیش‌ها، کلیه، ماهیچه‌ها و سایر اندام‌ها یافت می‌شوند. همچنین آن‌ها می‌توانند اطلاعات ویژه‌ای در مورد عملکرد و نارسایی این اندام‌ها بدهند. میزان AST، ALP و ALT به‌عنوان شاخص فعالیت کبد به‌کار می‌روند و جزء آنزیم‌های با اهمیت در بررسی وضعیت سلامتی ماهیان هستند (Racicot و همکاران، ۱۹۷۵) و سلول‌های کبدی غنی از این آنزیم‌ها می‌باشند. LDH اغلب برای ارزیابی وجود آسیب‌های بافتی کبد اندازه‌گیری می‌شود (Yilmaz و همکاران، ۲۰۰۶). مدیریت نادرست تغذیه ممکن روی فعالیت ALT سرم تأثیر بگذارد (Cech و همکاران، ۲۰۰۰). فعالیت سرم ALT و AST به‌طور مشخص بسته به گونه متفاوت هستند. افزایش در میزان AST و ALT پلاسما ممکن است به شرایط استرس، آسیب‌های سلولی کبدی یا تجزیه سلولی ناشی از فلزات سنگین در کبد، قلب یا عضله مربوط باشد (Yokoyama و همکاران، ۲۰۰۳). فعالیت این آنزیم در مهره‌داران جوان به‌طور طبیعی بیش‌تر است و فعالیت ALP ممکن است بسته به سن و اندازه متفاوت باشد (Cech و همکاران، ۲۰۰۰). Menoyo و همکاران (۲۰۰۴) دریافتند که اکسیداسیون چربی در کبد در ماهیان سیم تغذیه شده با روغن سویا به میزان ۲۱٪ و ۱۱٪ در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با روغن ماهی و روغن بزرک کم‌تر بود. نتایج این محققین مطابق با نتیجه تحقیق اخیر بود. از نظر تئوری جیره‌هایی که حاوی اسیدهای چرب غیراشباع زیاد در ترکیب خود هستند مستعد اکسیداسیون چربی می‌باشند که این خود باعث افزایش درجه پراکسیداسیون چربی موجود در میتوکندری و آسیب به سلول‌های کبدی می‌شود (Abedian و Kenari و همکاران، ۲۰۱۰). Rehulka و MinaOik (۲۰۰۷) اظهار کرده‌اند که افزایش در فعالیت AST نشانه‌ای از علایم

آسیب جدی به کبد از طریق آزادسازی AST میتوکندریایی می‌باشد. عفونت باعث افزایشی در ALT و LDH می‌شود. Sakomoto و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که تغییر در مقادیر آنزیم می‌تواند بر اثر تفاوت در تکنیک‌های خون‌گیری، روش‌های آنالیزی، سن، رژیم غذایی و زیستگاه ماهیان باشد. مقدار آنزیم LDH در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰٪ روغن ماهی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. ممکن است سطح بالای اشباع در جیره باعث چروکیدگی شدن گلبول‌های قرمز شود (Mourente و همکاران، ۲۰۰۷). این آنزیم به‌مقدار زیاد در تمام بافت‌ها وجود دارد ولی مقدار آن در گلبول‌های قرمز خون ۱۵۰ برابر بیش از پلاسما است و حتی همولیز بسیار کم گلبول قرمز باعث تغییر قابل ملاحظه‌ای در این آنزیم خواهد شد. بنابراین دلیل احتمالی بالا بودن این آنزیم در تیمار یاد شده آسیب دیدن گلبول‌های قرمز و وارد شدن این آنزیم به‌داخل پلاسما می‌باشد.

خواجه و پیغان (۱۳۸۶) برخی فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته (با غذای پلت تهیه شده از کارخانه تولید غذای آبزیان) در استخر خاکی را مورد سنجش و آنالیز قرار دادند و مقادیر آنزیم‌های سرمی ALP، AST، ALT و LDH را به‌ترتیب ۳۲۰ ± ۷۲۲ ، ۱۵۰ ± ۳۳۷ ، ۲۴ ± ۲۹ و ۳۵۳ ± ۵۷۹ واحد در لیتر اعلام نمودند. مقادیر به‌دست آمده در تحقیق حاضر در مورد آنزیم ALP و ALT کم‌تر از مقادیر گزارش شده توسط محققین یاد شده بود. در مورد آنزیم AST تنها در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰٪ روغن ماهی بیش‌تر از مقادیر به‌دست آمده توسط خواجه و پیغان (۱۳۸۶) بود. مقادیر آنزیم LDH در تحقیق حاضر در تمامی تیمارها بالاتر از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط خواجه و پیغان (۱۳۸۶) بود. با توجه به این‌که اضافه کردن روغن به غذا در تحقیق حاضر به‌روشن دستی بوده و غذا در شرایط محیط نگهداری می‌شد، شاید اکسیدشدن روغن‌ها به‌خصوص روغن ماهی تأثیر منفی بر گلبول‌های قرمز و آزاد شدن آنزیم LDH موجود در آن‌ها باعث افزایش مقدار این آنزیم در پلاسما شده است. به‌هرحال برای اثبات این موضوع باید ریخت‌شناسی گلبول‌های قرمز مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج نشان حاصل از بررسی تحقیق حاضر نشان داد که میزان ایمونوگلوبولین (IgM) سرم در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰٪ روغن ماهی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. فعالیت لیزوزیم سرم نیز در ماهیان تغذیه

شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی بیش تر از سایر تیمارها بود.

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 می‌گردند 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 (Saho و Swain، ۲۰۰۶). Subhadra و همکاران (۲۰۰۶) هیچ تفاوتی در خصوص میزان لیزوزیم سرم خون ماهی باس دهان‌بزرگ (*Micropterus salmoides*) در هنگام جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی مشاهده نکردند. 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. بنابراین با توجه به این که Subhadra و همکاران (۲۰۰۶) و Montero و همکاران (۲۰۰۸) نیز هیچ تفاوت معنی‌داری در مقدار لیزوزیم سرم خون ماهیان تغذیه شده با روغن ماهی و روغن‌های گیاهی مشاهده نکردند، احتمالاً بالا بودن مقدار این آنزیم در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی نشان‌دهنده پرور عارضه‌ای در این ماهیان باشد. نتایج حاصل از بررسی مقادیر آنزیم‌های سرم خون نیز این موضوع را تأیید می‌نماید. به هر حال نمی‌توان با قاطعیت این موضوع را اعلام نمود.

Abedian Kenari و همکاران (۲۰۱۰) تفاوت معنی‌داری را در خصوص ACH در هنگام مطالعه بر روی تأثیر مقادیر مختلف روغن ماهی و روغن‌گیاهی بر ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) مشاهده نکردند. همچنین Subhadra و همکاران (۲۰۰۶) نیز در هنگام جایگزینی روغن ماهی با روغن گیاهی تفاوتی در میزان ACH پلاسما خون ماهی باس دهان‌بزرگ (*Micropterus salmoides*) گزارش نکردند. ولی Montero و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که جایگزینی روغن ماهی با روغن گیاهی در ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*) باعث کاهش مقدار ACH در پلاسما می‌شود. در تضاد با نتایج محققین اخیر میزان ACH در تحقیق حاضر در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪

روغن کانولا بالاتر بود. با توجه به این که تغییرات غشای سلولی می‌تواند باعث تغییرات در میزان ACH شود و همچنین سوء تغذیه نیز باعث کاهش سنتز پروتئین‌های کمپلمان شود (Mold، ۱۹۸۹)، احتمالاً پراکسیداسیون اسیدهای چرب روغن ماهی مورد استفاده در این تحقیق در طول نگهداری، باعث کاهش میزان این فاکتور در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی شده است.

مقادیر کمپلمان‌های C^۳ و C^۴ در ماهیان تیمارهای تغذیه شده با روغن ماهی بالاتر از تیمار تغذیه شده با جیره حاوی روغن‌های گیاهی بوده است. شاید دلیل این امر بالاتر بودن میزان ایمونوگلوبولین در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی روغن ماهی باشد. زیرا ایمونوگلوبولین باعث تثبیت سیستم کمپلمان در ماهی می‌شود (Manas و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به نتایج حاصله روغن‌های مورد استفاده در جیره غذایی تأثیر به‌سزایی در سیستم ایمنی ماهی دارد. از طرفی باید به موارد بهداشتی در زمان نگهداری روغن‌های مختلف به‌خصوص روغن ماهی و همچنین بسته‌بندی مناسب بعد از تهیه غذا توجه شود. زیرا اکسیداسیون اسیدهای چرب نه تنها باعث افزایش پاسخ ایمنی می‌شود، بلکه باعث تضعیف سیستم ایمنی خواهد شد.

در خاتمه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به محدودیت استفاده از روغن ماهی، امکان استفاده از روغن‌های گیاهی به‌عنوان جایگزین در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان- بدون این که تأثیر چندانی در سیستم فیزیولوژیک این ماهی ایجاد شود- وجود دارد.

منابع

۱. احمدی فکجور، ح.؛ ارشاد لنگرودی، ه. و طلوعی‌گیلانی، م. ح.، ۱۳۸۸. مقایسه و تأثیر سطوح مختلف چربی‌های گیاهی و جانوری بر عملکرد رشد و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی فیل‌ماهی (*Huso huso*). مجله شیلات، سال ۳، شماره ۲، صفحات ۹ تا ۱۶.
۲. خواجه، غ. و پیغان، ر. ۱۳۸۶. بررسی برخی فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در استخرهای خاکی. مجله تحقیقات دامپزشکی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، دوره ۶۲، شماره ۳، صفحات ۱۹۳ تا ۲۰۷.

- replacement to vegetable oils at two dietary lipid levels on the growth, body composition, haemato-immunological and serum biochemical parameters in Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler, ۱۸۷۷) Aquaculture Research. pp: ۱-۱۴.
۱۴. **Arsalan, M.; Sirkecioglu, N.; Bayir, A.; Arslan, H. and Aras, M., ۲۰۱۲.** The Influence of Substitution of Dietary Fish Oil with Different Vegetable Oils on Performance and Fatty Acid Composition of Brown Trout, *Salmo trutta*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. ۱۲, pp. ۵۷۵-۵۸۳.
 ۱۵. **Bell, J.G.; Dick, J.R.; McVicar, A.H.; Sargent, J.R. and Thompson, K.D., ۱۹۹۳.** Dietary sunflower, linseed and fish oils affect phospholipid fatty acid composition, development of cardiac lesions, phospholipase activity and eicosanoid production in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. Vol. ۴۹, pp. ۶۶۵-۶۷۳.
 ۱۶. **Bell, J.G.; Ashton, I.; Secombes, C.J.; Weitzel, B.R.; Dick, J.R. and Sargent, J.R., ۱۹۹۶.** Dietary lipid affects phospholipid fatty acid compositions, eicosanoid production and immune function in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. Vol. ۵۴, pp. ۱۷۳-۱۸۲.
 ۱۷. **Bell, J.G.; Henderson, R.J.; Tocher, D.R.; Mcghee, F.; Dick, J.R.; Porter, A.; Smullen, R.P. and Sargent, J.R., ۲۰۰۳.** Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. Journal of Nutrition. Vol. ۱۳۲, pp. ۲۲۲-۲۳۰.
 ۱۸. **Bell, J.G. and Sargent, J.R., ۲۰۰۳.** Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. Aquaculture. Vol. ۲۱۸, pp. ۴۹۱-۴۹۹.
 ۱۹. **Bell, J.; pratoomyot, J.; strachan, F.; Henderson, R.; fontanillas, R.; Hebard, A.; Guy, D.; Hunter, D. and Tocher, D., ۲۰۱۰.** 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. Vol. ۳۰۶, pp. ۲۲۵-۲۳۲.
 ۲۰. **Bullis, R.A., ۱۹۹۳.** Clinical pathology of temperate fresh water and estuarine fishes in: fish Medicine. Stoskopf. PP: ۲۳۲-۲۳۹.
 ۲۱. **Cech, J.; McCormick, S. and McKinlay, D., ۲۰۰۰.** Energy reserves and nutritional status of juvenile Chinook salmon emigrating from the
 ۳. ستاری، م.، ۱۳۸۶. ماهی شناسی ۲ (سیستماتیک). انتشارات حق شناس، صفحات ۱۸۷ - ۱۸۸.
 ۴. سلطانی، م.، ۱۳۸۷. ایمنی شناسی ماهیان و سخت پوستان. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۴ صفحه.
 ۵. شعاعی، ر.؛ اکرمی، ر.؛ قبادی، ر. و رازقی، م.، ۱۳۹۰. تأثیر پریپوتیک مانان الیگوساکارید و بتا ۳ و ۱ گلوکان بر برخی پارامترهای هماتولوژیک و بیوشیمی سرم خون ماهی قزل آلابی رنگین کمان. مجله تولید و بهره برداری. دانشگاه منابع طبیعی گرگان. جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۴۱ تا ۵۴.
 ۶. صفری، ا.؛ بلداجی، ف. و حاجی مرادلو، ع.، ۱۳۸۷. بررسی اثر سطوح مختلف جایگزینی کنجاله سویا به جای آرد ماهی بر لیپیدها و لیپوپروتئین های سرم خون ماهی قزل آلابی رنگین کمان ۱۰۰ گرمی (*Oncorhynchus mykiss*). پژوهش و سازندگی. شماره ۷۸، صفحات ۷۴ تا ۸۰.
 ۷. صفری، ا. و بلداجی، ف.، ۱۳۸۷. بررسی تاثیر جایگزینی نسبی کنجاله کانولا و کنجاله سویا با پودر ماهی در جیره غذایی ماهی قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله پژوهش و سازندگی، امور دام و آبزیان. شماره ۷۹، صفحات ۴۴ تا ۵۱.
 ۸. قناعت پرست، ا. و فرحجود، ب.، ۱۳۷۷. پرورش ماهیان گرمابی (عمومی). انتشارات معاونت تکثیر و پرورش آبزیان اداره کل آموزش و ترویج. صفحات ۲ تا ۳.
 ۹. مجابی، ع.، ۱۳۷۵. بیوشیمی درمانگاهی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، ۳۷۲ صفحه.
 ۱۰. محبوبی صوفیانی، ن.؛ فانی، ع.؛ فیضی، ز. و پوررضا، ج.، ۱۳۸۲. اثر سطوح مختلف روغن کیلکا در جیره، بر صفات پرورشی و ترکیب شیمیایی بدن ماهی قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۷، شماره ۱، صفحات ۲۴۵ تا ۲۵۲.
 ۱۱. محمودی، ر.؛ خدادادی، م.؛ جواهری، م. و شفائی پور، آ.، ۱۳۸۸. تعیین اثرات جایگزینی کنجاله سویا به جای کنجاله کلزا (کانولا) بر رشد قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۳، شماره ۳، صفحات ۲۱ تا ۳۰.
 ۱۲. مسیحا، ع.؛ ابراهیمی، ع.؛ محبوبی صوفیانی، ن. و کریمی، م. ر.، ۱۳۸۹. اثر جایگزینی روغن ماهی با روغن بزرک در جیره قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انگشت قد روی عملکرد رشد و ترکیب لاشه ی بچه ماهیان. مجموعه مقالات اولین همایش ملی علوم آبزیان. دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر. ۱۹ صفحه.
 ۱۳. **Abedian Kenari, A.; Mozanzadeh, M.T. and Pourgholam, R., ۲۰۱۰.** Effects of total fish oil

- Ganga, R.; Real, F.; Tort, L.; Caballero, M.J. and Acosta, F., ۲۰۰۸.** Total substitution of ϕ shoil by vegetable oils in gilthead seabream (*Sparus aurata*) diets: effect on hepatic Mx expression and some immune parameters. Fish and Shellfish Immunology. Vol. ۲۴, pp. ۱۴۷-۱۵۵.
۳۲. **Mourente, G. and Bell, J.G., ۲۰۰۶.** 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. Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol. Vol. ۱۴۵, No. ۳-۴, pp: ۳۸۹-۳۹۹.
۳۳. **Obach, A.; Quentel, C. and Laurencin, F.B., ۱۹۹۳.** Effects of α -tocopherol and dietary oxidized fish oil on the immune response of sea bass *Dicentrarchus labrax*. Dis Aquat Org. Vol. ۱۵, pp. ۱۷۵-۱۸۵.
۳۴. **Peng, S.; Chen, L.; Qin, J.; Hou, J.; Yu, N.; Long, Z.; Ye, J. and Sun, X., ۲۰۰۸.** Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegelii*. Aquaculture. Vol. ۲۷۶, pp. ۱۵۴-۱۶۱.
۳۵. **Racicot, J.G.; Gaudet, M. and leray, C., ۱۹۷۵.** Blood and liver enzymes in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) with emphasis on their diagnostic use: study of CCl₄ toxicity and a case of Aeromonas infection. Journal of Fish Biology. Vol. ۷, pp. ۸۲۵-۸۳۵.
۳۶. **Rehluca, J. and Parova, J., ۲۰۰۰.** Effect of diets with different lipid and protein contents on some blood condition indices of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Animal Science. PP: ۲۶۳-۲۶۹.
۳۷. **Rehluca, J. and Minaoik, B., ۲۰۰۷.** Blood parameters in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) affected by columbaris disease, Aquaculture Research. Vol. ۳۸, pp. ۱۱۸۲-۱۱۹۷.
۳۸. **Ross, L.G. and Ross, B., ۱۹۹۹.** Anesthetic and sedative techniques for aquatic animals. ۲nd edn. Blackwell Science, Oxford, UK. pp: ۲۲-۵۷.
۳۹. **Sakamoto, K.; Lewbart, G.A. and Smith, T.M., ۲۰۰۱.** Blood chemistry values of juvenile Red pacu (*piaractus brachypomus*). Vet.Clin.Pathol. Vol. ۳۰, pp. ۵۰-۵۲.
۴۰. **Salte, R.; Thomassen, M.S. and Wold, K., ۱۹۸۸.** Do high levels of dietary polyunsaturated fatty acids (EPA/DHA) prevent disease associated with membrane degeneration in Snake River, Intern. Cong. Biol. of Fish, Univ. Aberdeen, Scotland. pp: ۲۳-۲۷
۴۱. **Clamp, A.G.; Ladha, S.; Clark, D.C.; Grimble, R.F. and Lund, E.K., ۱۹۹۷.** The influence of dietary lipids on the composition and membrane fluidity of rat hepatocyte plasma membrane. Lipids. Vol. ۳۲, pp. ۱۷۹-۱۸۴.
۴۲. **Demska-Zakêoe, K.; Zakêoe, Z.; Ziomek, E. and Jarmolowicz, S., ۲۰۱۲.** Impact of feeding juvenile tench (*Tincatina* (L.)) feeds supplemented with vegetable oils on hematological indexes and liver histology. Arch. Pol. Fish. Vol. ۶۰, pp. ۶۷-۷۵.
۴۳. **Erdal, J.I.; Evensen, O.; Kaurstad, O.K.; Lillehaug, A.; Solbakken, R. and Thorud, K., ۱۹۹۱.** Relationship between diet and immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L) after feeding various levels of ascorbic acid and omega-3 fatty acids. Aquaculture. Vol. ۹۸, pp. ۳۶۳-۳۷۹.
۴۴. **Eroldogan, T.; Turchini, G.M.; Yilmaz, A.H.; Tasbozan, O.; Engin, K.; Olculu, A.; Ozsahinoglu, I. and Mumogullarında, P., ۲۰۱۲.** Potential of Cottonseed Oil as Fish Oil Replacer in European Sea Bass Feed Formulation. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. ۱۲, pp. ۷۸۷-۷۹۷.
۴۵. **Fracolossi, D.M. and Lovell, R.T., ۱۹۹۴.** Dietary lipid sources influence responses of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to challenge with the pathogen *Edwardsiella ictaluri*. Aquaculture. Vol. ۱۱۹, pp. ۲۸۷-۲۹۸.
۴۶. **Guler, M. and Yildiz, M., ۲۰۱۱.** Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Research Article. Vol. ۳۵, No. ۳, pp. ۱۵۷-۱۶۷.
۴۷. **Manas, R.; Makes, M.; Rajendran, K.V. and Mukherhee, S.C., ۲۰۰۹.** Chara Cterization of Igm of Indian major carps and their Cross reactivity with anti- fish Igm antibodies. Fish and shell fish immunology. Vol. ۲۶, pp. ۲۷۵-۲۷۸.
۴۸. **Menoyo, D.; Izquierdo, M.S.; Robaina, L.; Ginés, R.; López-Bote, C.J. and Bautista, J.M., ۲۰۰۴.** Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soyabean oils. Br. J. Nutr. Vol. ۹۲, pp. ۴۱-۵۲.
۴۹. **Mold, C., ۱۹۸۹.** Effect of membrane phospholipids on activation of the alternative complement pathway. Journal of Immunology. Vol. ۱۴۳, pp. ۱۶۶۳-۱۶۶۸.
۵۰. **Montero, D.; Grasso, V.; Izquierdo, M.S.;**



- chemistry and liver pathology of African catfish (*Clarias gariepinus*). The Israeli. J. of Aquac. Vol. ۵۸, pp. ۱۹۱-۱۹۷.
۵۱. **Yokoyama, Y.; Toth, B. and Kitchens, W., ۲۰۰۳.** Role of thromboxane in producing portal hypertension following trauma hemorrhage. Am J Physiol, Gastrointestinal and liver physiology. pp: ۱۲۹۴-۱۲۹۹.
۴۱. **Sargent, J.R.; Tocher, D.R. and Bell, J.G., ۲۰۰۲.** The lipids- In: Fish nutrition (Eds) R.W. Hardy, J.E. Halver, Academic Press, San Diego, CA, USA. pp: ۱۸۱-۲۵۷.
۴۲. **Sheldon, W.M. and Blazer, V.S., ۱۹۹۱.** Influence of dietary lipid and temperature on bactericidal activity of channel catfish macrophages. J Aquat Animal Health. Vol. ۳, pp. ۸۷- ۹۳.
۴۳. **Subhadra, B.; Lochmann, R.; Rawels, S. and Chen, R., ۲۰۰۶.** Effect of dietary lipid source on growth, tissue composition and hematological parameter of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquaculture. Vol. ۲۵۵, pp. ۲۱۰-۲۲۲.
۴۴. **Tacon, A.G.J., ۲۰۰۴.** Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. Aquatic Resources, Culture & Development. Vol. ۱, pp. ۳-۱۴.
۴۵. **Turchini, G.M. and Francis, D.S., ۲۰۰۹.** Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and β -oxidation) in rainbow trout fed fish oil or linseed oil-based diets. Br J Nutr. Vol. ۱۰۲, pp. ۶۹-۸۱.
۴۶. **Thompson, K.D.; Henderson, R.J. and Tatner, M.F., ۱۹۹۵.** A comparison of the lipid composition of peripheral blood cells and head kidney leucocytes of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Comp Biochem Physiol. Vol. ۱۱۲, pp. ۸۳-۹۲.
۴۷. **Waagbø, R.; Sandnes, K.; Lie, Ø. and Nilsen, E.R., ۱۹۹۳.** Health aspects of dietary lipid sources and vitamin E in Atlantic salmon (*Salmo salar*): ۱- erythrocyte total lipid fatty acid composition, haematology and humoral immune response. Fiskeridir Skr (Ernaering). Vol. ۶, pp. ۴۷-۶۲.
۴۸. **Waagbø, R.; Sandnes, K.; Joergensen, J.; Engstad, R.; Glette, J. and Lie, Ø., ۱۹۹۳.** Health aspects of dietary lipid sources and vitamin E in Atlantic salmon (*Salmo salar*): ۲ - spleen and erythrocyte phospholipid fatty acid composition, nonspecific immunity and disease resistance. Fiskeridir Skr (Ernaering). Vol. ۶, pp. ۶۳-۸۰.
۴۹. **Waagbø, R.; Hemre, G.I.; Holm, J.C. and Lie, Ø., ۱۹۹۵.** Tissue fatty acid composition, haematology and immunity in adult cod, *Gadus morhua* L., fed three dietary lipid sources, J Fish Dis. Vol. ۱۸, pp. ۶۱۵-۶۲۲.
۵۰. **Yilmaz, E.; Akyurt, I. and Mutlu, E., ۲۰۰۶.** Effects of energetic diets on growth, blood



Effects of replacing dietary fish oil with canola oil on immune factors and enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

- **Afshin Ghelichi***: Department of Fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, P.O.Box: ۳۰, Azadshahr, Iran
- **Elnaz Naseri Khalkhali**: Department of Fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, P.O.Box: ۳۰, Azadshahr, Iran

Received: July 2013

Accepted: September 2013

Key words: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Canola oil, Fish oil, Immune function, Serum Liver enzymes

Abstract

Replacing dietary fish oil with vegetable oils has various effects on immune responses. This study was conducted to evaluate the effect of replacement of fish oil (FO) by canola oil (CO) on immune system of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (63.5±0.6 g mean individual weight) for 50 days. Four experimental diets were formulated with partial or complete (33%, 67%, 100%) replacement of FO with CO. The diets were fed to duplicate groups of 25 trout fingerlings. Fish were randomly assigned to each of eight 500 liter fiberglass tanks (500L). The results showed that serum AST, ALP, ALT and LDH levels were higher in fish fed the 100% FO diet than the other fish. Serum lysozyme activity and immunoglobulin (IgM) was higher in fish fed the 100% FO diet than the other fish. Also, C₃ and C₄ complements were significantly higher in fish fed the 100% FO diet than that the other fish. However, alternative complement activity (ACH₅₀) was higher in fish fed the 100% CO diet. Since the amounts of serum liver enzymes in CO treatment groups was lower than their amounts in FO treatment group, so we can conclude that replacing dietary FO with CO does not have any negative effects but it causes improvement of immune factors and enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in period of 50 days.

