مجله تحقیقات دامپزشکی
دوره ۷۵، شماره ۳، ۱۳۹۹، ۳۴۰-۳۲۸
مقاله پژوهشی

تأثیر تجویز خوراکی عصاره‌ی هیدروالکلی جلبک قرمز (*Laurencia caspica*) بر عملکرد رشد، شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

میلاد کیادلیری[۱]، فرید فیروزبخش[۱]، حمید دلدار[۲]

[۱] *گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران*
[۲] *گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران*

تاریخ دریافت: ۲۵ اسفند ماه ۱۳۹۸، **تاریخ پذیرش:** ۳ خرداد ماه ۱۳۹۹
10.22059/jvr.2019.274460.2893

چکیده

زمینهٔ مطالعه: استفاده از محرک‌های ایمنی طبیعی یکی از مؤثرترین روش‌ها برای تقویت ایمنی و پیشگیری از بیماری در ماهیان است.

هدف: با توجه به فراوانی جلبک قرمز (*Laurencia caspica*) در دریای خزر، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثر این جلبک بر عملکرد رشد و شاخص‌های خون‌شناسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود.

روش‌کار: مطالعه حاضر روی ۷۵۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که به طور تصادفی انتخاب شدند در قالب ۵ تیمار آزمایشی شامل جیره‌ی غذایی بدون عصاره‌ی هیدروالکلی جلبک (شاهد) و جیره‌های غذایی حاوی ۰/۵ ، ۱ ، ۱/۵ و ۲ درصد عصاره انجام شد. طی دوره‌ی آزمایش هر دو هفته یکبار و تا ۸ هفته نمونه‌برداری جهت سنجش عملکرد رشد و شاخص‌های خون‌شناسی انجام شد.

نتایج: در پایان هشت هفته غذادهی شاخص‌های رشد تحت تأثیر عصاره‌ی جلبک قرار نگرفت. در بازماندگی تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تعداد کل گلبول‌های قرمز، گلبول‌های سفید، درصد هماتوکریت، غلظت هموگلوبین، درصد نوتروفیل و مونوسیت تحت تأثیر عصاره‌ی جلبکی قرار گرفت و افزایش معنی‌دار نسبت به گروه شاهد نشان داد ($P<۰/۰۵$). همچنین افزایش شاخص‌های بیوشیمیایی سرم شامل پروتئین تام، آلبومین و گلوبولین و کاهش فعالیت ALP، AST و ALT در ماهیان تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبکی نسبت به گروه شاهد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری نهایی: براساس نتایج این مطالعه مصرف خوراکی جلبک قرمز (*L. caspica*) به عنوان یک محرک ایمنی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: جلبک دریایی، *Laurencia caspica*، قزل‌آلای رنگین‌کمان، رشد، خون‌شناسی

کپی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کپی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

نویسنده مسئول: فرید فیروزبخش، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
پست الکترونیکی: f.firouzbakhsh@sanru.ac.ir

مقدمه

قزل‌آلای رنگین‌کمان از گونه‌های مهم اقتصادی است که در اکثر نقاط دنیا پرورش داده می‌شود. پرورش متراکم این گونه با استرس‌های مختلف همراه بوده که ماهی را در برابر بیماری‌های مختلف مستعد می‌نماید(۳). یکی از روش‌های مقابله با بروز انواع بیماری‌ها استفاده از گیاهان دارویی به عنوان محرک‌های سیستم ایمنی می‌باشد که نسبت به مواد شیمیایی ایمن‌تر و مطمئن‌تر بوده و همچنین تأثیر آن‌ها در مقایسه با واکسیناسیون از دامنه وسیع‌تری برخوردار است. علاوه بر این با توجه به روش استفاده غیرمعمول از آنتی‌بیوتیک‌ها در آبزیان، به منظور کاهش ایجاد مشکلات زیست‌محیطی و آسیب به طبیعت، معرفی مواد جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها در پرورش آبزیان ضروری است(۱۴).

در سال‌های اخیر تحقیقات در زمینه بکارگیری جلبک‌های دریایی با توجه به خواص دارویی آن‌ها در سراسر

دنیا مورد توجه قرار گرفته است و هر ساله مطالعات جدیدتری در این راستا انجام و نتایج ارزنده‌ای حاصل می‌شود (۱۳). بکارگیری جلبک‌های دریایی به عنوان افزودنی‌های خوراک یا مکمل با توجه به ارزش غذایی، در دسترس بودن و هزینه‌ی پایین آن‌ها در آبزی‌پروری امکان‌پذیر است(۱۶).

محرک‌های ایمنی با منشاء گیاهی از جمله جلبک‌های دریایی می‌توانند نقش بسیار مهمی در افزایش پاسخ ایمنی و جلوگیری از بروز بیماری‌ها در آبزیان و انواع سیستم‌های پرورشی آبزیان داشته باشند. این محرک‌ها از طریق تقویت توان سیستم ایمنی غیراختصاصی مقاومت ماهی را در برابر بیماری‌ها افزایش می‌دهند (۳۴).

جلبک‌های دریایی به دلیل مقادیر پایین چربی‌های اشباع، کالری کم، میزان فراوان کربوهیدرات‌ها و نیز ویژگی‌های زیستی مانند خواص ضدباکتریایی، ضد اکسیداسیونی، ضدویروسی و ضدقارچی به مواد طبیعی پرکاربردی در صنایع غذایی و دارویی تبدیل شده‌اند (۱۰،۱۷،۳۳). همچنین جلبک‌های دریایی دارای مقادیر بالای مواد معدنی، فیبرهای رژیمی، ویتامین‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای چرب چند غیراشباع هستند (۱۰،۴۲).

از جمله این جلبک‌ها می‌توان به اعضای شاخه جلبک‌های قرمز اشاره کرد که اکثر اعضای این شاخه دارای مصارف کاربردی زیادی هستند (۳۶). جلبک قرمز *L. Caspica* از گونه‌های دریازی است و متعلق به گروه جلبک‌های پرسلولی هستند و اغلب سلول‌های آن‌ها بیش از یک هسته دارند. این گروه معمولاً از طریق جنسی تولید مثل می‌کنند (۲۳).

با توجه به خواص مثبت ماکروجلبک‌ها و همچنین فراوانی جلبک *L. Caspica* در دریای خزر، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثر جلبک قرمز (*L. caspica*) بر شاخص‌های خون‌شناسی قزل‌آلای رنگین‌کمان و بررسی امکان کاربرد این جلبک در پرورش ماهی قزل‌آلا در جهت بهبود شاخص‌های رشد و همچنین افزایش توان سیستم ایمنی ماهی‌ها است.

مواد و روش کار

جمع‌آوری جلبک و عصاره‌گیری: جلبک قرمز از سواحل جنوبی دریای خزر در فصل زمستان جمع‌آوری شد. جهت تهیه عصاره‌ی اتانولی مقدار ۲۰ کیلوگرم جلبک جمع‌آوری شده در مکانی عاری از رطوبت، به دور از نور خورشید و در جریان هوا خشک و پس از آسیاب به پودر تبدیل شد. پودر به دست آمده در بالن یک لیتری و به نسبت ۱ به ۵ با الکل اتیلیک ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۴۸ ساعت بر روی دستگاه شیکر نگه‌داری شد. سپس عصاره‌ی اولیه صاف شده وارد دستگاه روتاری شد و در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد الکل-پرانی آن صورت گرفت. در نهایت عصاره‌ی تغلیظ شده در شرایط خلاء و انجماد خشک و تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شد (۳۸).

تهیه‌ی ماهی، جیره‌ی غذایی و شرایط پرورش: این تحقیق در یک کارگاه پرورش ماهی در شهرستان تنکابن انجام شد. به منظور سازگاری ماهیان با شرایط جدید پرورشی، به مدت ۲ هفته با جیره‌ی غذایی تجاری (شرکت خوراک دام-طیور و آبزیان ۲۱ بیضاء، شیراز) تغذیه شدند. تعداد ۷۵۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی۰/۴۴±۳۹/۴۳ گرم انتخاب و به صورت تصادفی در قالب ۵ تیمار با ۳ تکرار (تعداد ۵۰ قطعه در هر تکرار) در ۱۵ حوضچه توزیع شدند. جهت تهیه‌ی جیره‌های آزمایشی مقدار ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم عصاره به هر کیلوگرم از جیره‌ی پایه اضافه شد. سپس ماهیان به مدت ۸ هفته و روزانه در ۴ نوبت (ساعت ۷، ۱۲، ۱۶، ۲۰) به میزان ۱/۵ درصد وزن بدن با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. هر دو هفته یکبار زیست‌سنجی کل ماهیان هر حوضچه انجام شده و میزان غذای مورد نیاز با توجه به میانگین وزنی جدید محاسبه شد.

شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب شامل دما، اکسیژن و pH توسط دستگاه‌هایCond 3210 SET1 WTW و pH 3110 SET2 و همچنین آمونیاک توسط دستگاه Colorimeter DR/890 به صورت هفتگی مورد سنجش قرار گرفت و میانگین این شاخص‌ها در طول دوره‌ی آزمایش شامل دمای آب ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول۸/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر و pH ، ۷/۵ ثبت شد.

سنجش فراسنجه‌های رشد: به منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف عصاره‌ی جلبک بر شاخص‌های رشد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و مقایسه بین تیمارهای مختلف، هر دو هفته یک‌بار وزن ماهیان هر تیمار اندازه‌گیری شد. میانگین افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و درصد بازماندگی طبق روابط زیر محاسبه شد.

افزایش وزن بدن = وزن نهایی(گرم) - وزن اولیه(گرم)

ضریب رشد ویژه = [ln(وزن نهایی) – ln(وزن اولیه) /طول دوره‌ی پرورش] × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی = غذای خشک داده شده (گرم)/ وزن اضافه شده (گرم)

درصد بازماندگی = [تعداد ماهیان باقی مانده/ تعداد ماهیان اولیه]× ۱۰۰

سنجش شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم: جهت سنجش فاکتورهای خونی در روز صفر و پایان هفته ۲، ۴، ۶ و ۸ از هر تیمار تعداد ۱۵ قطعه ماهی (هر تکرار ۵ قطعه) نمونه‌برداری شد. ماهیان از ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌برداری قطع غذا شدند (۹)، پس از بیهوشی ماهیان با پودر گل میخک (با دوز ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با استفاده از سرنگ ۲ سی‌سی از ورید ساقه‌ی دمی خونگیری و در لوله‌ی آزمایش حاوی هپارین وارد شد. از هر نمونه مقدار یک سی‌سی خون در لوله‌های فاقد هپارین ریخته شد. به منظور جداسازی سرم، نمونه‌های خون به دست آمده به مدت ۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. هموگلوبین به روش استاندارد سیانومت هموگلوبین و جذب نوری محلول فوقانی درطول موج ۵۶۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و میزان هموگلوبین بر حسب گرم در دسی‌لیتر محاسبه شد. میزان هماتوکریت به روش میکروهماتوکریت سنجش گردید. شاخص‌های گلبولی شامل میانگین حجم گلبول‌قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین در گلبول‌قرمز (MCH) و میانگین غلظت هموگلوبین در گلبول‌قرمز (MCHC) بر اساس فرمول محاسبه شد (۲۰). شمارش کلی گلبول‌های قرمز و گلبول‌های سفید پس از رقیق نمودن خون به نسبت ۱ به ۲۰۰ با محلول رقیق کننده نات- هریک و با استفاده از لام هماسیتومتر نئوبار صورت گرفت (۱۲). جهت شمارش تفریقی گلبول‌های سفید خون گسترش خونی تهیه و با استفاده از رنگ گیمسا رنگ‌آمیزی انجام شد (۲۵). سنجش مقادیر پروتئین تام و آلبومین به روش Bradford (۵) انجام شد. با به دست آوردن تفاضل پروتئین تام و آلبومین مقدار گلوبولین به دست آمد (۳۰).

سنجش آنزیم‌های کبدی: در این مطالعه سطوح آنزیم‌های کبدی آلانین آمینو ترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST)، و آلکالین فسفاتاز (ALP) در سرم خون با استفاده از کیت تجاری پارس آزمون (پارس آزمون، تهران، ایران) و با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر(Eppendorf, EPOS,Germany) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS۲۲ انجام شد. پیش از تجزیه و تحلیل، طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smironov ارزیابی شد. برای مقایسه کلی داده‌ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه One-way-ANOVA و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری Duncan در سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱. شاخص‌های رشد و بازماندگی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با جلبک *Laurencia caspica* در پایان ۸ هفته غذادهی. اطلاعات براساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشانه‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($P<۰/۰۵$).

تیمار(درصد عصاره)/ شاخص	وزن اولیه (گرم)	افزایش وزن (گرم)	ضریب رشد ویژه (درصد در روز)	ضریب تبدیل غذایی	بازماندگی (درصد)
شاهد	۳۹/۱۰±۰/۱۰^{a}	۴۵/۶۷±۰/۵۲^{a}	۱/۳۸±۰/۰۱^{a}	۱/۱۰±۰/۰۳^{a}	۹۶/۸۲±۱/۳۷^{a}
۰/۵	۳۹/۷۵±۰/۲۵^{a}	۴۵/۲۹±۰/۹۶^{a}	۱/۳۵±۰/۰۳^{a}	۱/۰۸±۰/۰۶^{a}	۹۷/۶۱±۲/۳۸^{a}
۱	۳۹/۷۰±۰/۶^{a}	۴۴/۵۳±۱/۱۱^{a}	۱/۳۴±۰/۰۳^{a}	۱/۱۳±۰/۰۰^{a}	۹۷/۶۱±۲/۳۸^{a}
۱/۵	۳۹/۴۵±۰/۵^{a}	۴۴/۸۷±۲/۴۵^{a}	۱/۳۵±۰/۰۵^{a}	۱/۱۳±۰/۰۰^{a}	۹۹/۲۰±۱/۳۷^{a}
۲	۳۹/۱۵±۰/۶۵^{a}	۴۷/۰۳±۰/۶۹^{a}	۱/۳۹±۰/۰۲^{a}	۱/۰۸±۰/۰۴^{a}	۹۸/۴۱±۱/۳۷^{a}

جدول ۲. شاخص‌های خون‌شناسی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با جلبک *Laurencia caspica*. اطلاعات بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشانه‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف نشانه‌ی وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف است (P<۰/۰۵).

شاخص‌ها	تیمارها (درصد عصاره)	روز صفر	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته هشتم
تعداد گلبول‌های قرمز (میکرولیتر۱۰^۶×)	شاهد	۱/۳۹±۰/۰۵^{B}	۱/۳۳±۰/۰۲^{aA}	۱/۴۲±۰/۰۳^{aB}	۱/۵۶±۰/۰۱^{aC}	۱/۵۷±۰/۰۲^{aC}
	۰/۵	۱/۴۱±۰/۰۳^{A}	۱/۴۶±۰/۰۷^{bA}	۱/۶۴±۰/۰۱^{cB}	۱/۷۱±۰/۰۳^{bB}	۱/۸۸±۰/۰۴^{bcC}
	۱	۱/۴۷±۰/۰۰^{A}	۱/۴۵±۰/۰۶^{bA}	۱/۶۴±۰/۰۴^{cB}	۱/۷۵±۰/۰۴^{bC}	۱/۸۸±۰/۰۷^{bcD}
	۱/۵	۱/۴۰±۰/۰۳^{A}	۱/۵۸±۰/۰۴^{cB}	۱/۷۱±۰/۰۳^{dC}	۱/۸۹±۰/۰۵^{cD}	۱/۸۱±۰/۱۲^{bCD}
	۲	۱/۴۸±۰/۰۷^{A}	۱/۴۷±۰/۰۳^{bA}	۱/۵۴±۰/۰۴^{bA}	۱/۸۹±۰/۰۵^{cB}	۲/۰۱±۰/۰۳c
هماتوکریت(درصد)	شاهد	۳۷/۶۶±۰/۵۷^{AB}	۳۷/۰۰±۱/۰۰^{A}	۳۸/۱۶±۱/۰۴^{aAB}	۳۸/۰۰±۱/۰۰^{aAB}	۳۹/۳۳±۰/۵۷^{aB}
	۰/۵	۳۸/۰۰±۱/۰۰^{A}	۳۸/۰۰±۳/۰۰^{A}	۴۱/۵۰±۰/۵۰^{bB}	۴۱/۳۳±۱/۵۲^{bB}	۴۱/۶۶±۱/۵۲^{bB}
	۱	۳۸/۸۳±۰/۷۶^{A}	۳۸/۵۰±۰/۰۴^{A}	۴۲/۰۰±۱/۰۰^{bB}	۴۱/۸۳±۱/۲۵^{bB}	۴۲/۳۳±۱/۱۵^{bB}
	۱/۵	۳۸/۶۶±۰/۵۷^{A}	۴۰/۸۳±۰/۷۶^{B}	۴۵/۰۰±۰/۰۰^{cC}	۴۵/۰۰±۱/۰۰^{cC}	۴۳/۳۳±۱/۵۲^{bC}
	۲	۳۸/۶۶±۱/۰۴^{A}	۳۹/۰۰±۲/۶۴^{A}	۴۱/۱۶±۱/۶۰^{bB}	۴۴/۰۰±۱/۰۰^{cC}	۴۷/۰۰±۱/۰۰^{cD}
هموگلوبین(گرم بر دسی لیتر)	شاهد	۸/۱۳±۰/۱۵	۷/۸۶±۰/۳۲^{a}	۷/۹۳±۰/۳۷^{a}	۸/۲۰±۰/۲۶^{a}	۸/۰۰±۰/۱۰^{a}
	۰/۵	۸/۴۰±۰/۵۲^{A}	۸/۱۵±۰/۶۵^{abA}	۹/۲۰±۰/۲۰^{bB}	۹/۲۳±۰/۲۵^{bcB}	۸/۹۰±۰/۱۰^{bAB}
	۱	۸/۷۰±۰/۱۰^{AB}	۸/۲۵±۰/۷۵^{abA}	۹/۱۵±۰/۶۵^{bB}	۹/۰۰±۰/۳۶^{bB}	۹/۶۳±۰/۱۵^{cC}
	۱/۵	۸/۲۶±۰/۴۱^{A}	۸/۹۵±۰/۱۳^{bB}	۹/۶۵±۰/۱۵^{bC}	۱۰/۰۰±۰/۳۰^{dC}	۹/۵۰±۰/۴^{cBC}
	۲	۸/۷۵±۰/۳۵^{A}	۸/۳۰±۰/۴۳^{abA}	۸/۴۵±۰/۱۵^{aA}	۹/۷۳±۰/۳۰^{cdB}	۱۰/۷۰±۰/۱^{dC}
MCV(فمتولیتر)	شاهد	۲۷۰/۰۱±۱۳/۴۷^{B}	۲۷۸/۲۸±۱۰/۰۷^{B}	۲۶۷/۵۴±۶/۱۵^{cB}	۲۴۳/۰۴±۴/۰۹^{A}	۲۴۹/۵۴±۷/۵۳^{bA}
	۰/۵	۲۶۸/۴۱±۱۲/۱۳^{C}	۲۵۸/۹۰±۱۰/۷۸^{C}	۲۵۳/۰۶±۴/۰۳^{aBC}	۲۴۰/۷۲±۴/۵۸^{B}	۲۲۱/۷۰±۹/۱۴^{aA}
	۱	۲۶۳/۲۷±۴/۶۵^{C}	۲۶۵/۴۰±۱۴/۸۵^{C}	۲۵۵/۵۸±۱/۸۰^{abC}	۲۳۸/۶۲±۶/۳۸^{B}	۲۲۵/۰۶±۱۲/۲۰^{aA}
	۱/۵	۲۷۴/۷۵±۱۱/۲۷^{B}	۲۵۸/۶۰±۱۰/۲۷^{B}	۲۶۳/۲۱±۴/۶۱^{abcB}	۲۳۷/۴۳±۹/۱۴^{A}	۲۳۹/۰۱±۱۲/۱۲^{abA}
	۲	۲۶۱/۶۰±۱۳/۰۰^{B}	۲۶۴/۶۶±۱۶/۲۷^{B}	۲۶۶/۲۱±۹/۶۶^{bcB}	۲۳۲/۴۷±۶/۳۱^{A}	۲۳۳/۸۴±۳/۶۹^{abA}
MCH(پیکوگرم)	شاهد	۵۸/۲۵±۱/۰۰^{BC}	۵۹/۱۳±۱/۳۸^{C}	۵۵/۵۹±۲/۰۹^{B}	۵۲/۴۶±۲/۱۵^{A}	۵۰/۷۵±۱/۲۰^{bA}
	۰/۵	۵۹/۳۳±۴/۴۱^{C}	۵۵/۵۲±۲/۳۵^{BC}	۵۶/۱۰±۱/۴۱^{BC}	۵۳/۷۸±۱/۰۰^{B}	۴۷/۳۵±۰/۸۹^{aA}
	۱	۵۸/۹۸±۰/۴۷^{C}	۵۶/۸۱±۲/۶۵^{BC}	۵۵/۶۳±۲/۶۳^{B}	۵۱/۳۳±۱/۵۷^{A}	۵۱/۲۲±۲/۸۱^{bA}
	۱/۵	۵۸/۷۳±۳/۴۸^{B}	۵۶/۶۵±۰/۹۵^{B}	۵۶/۴۳±۰/۱۱^{B}	۵۲/۷۳±۰/۶۱^{A}	۵۲/۳۵±۱/۴۲^{bA}
	۲	۵۹/۱۳±۰/۴۳^{D}	۵۶/۳۷±۳/۶۷^{C}	۵۴/۶۷±۲/۳۰^{BC}	۵۱/۴۱±۱/۳۵^{A}	۵۳/۲۴±۰/۷۱^{bAB}
MCHC(گرم بر دسی لیتر)	شاهد	۲۱/۶۰±۰/۷۳	۲۱/۲۶±۰/۹۷	۲۰/۷۷±۰/۴۴^{ab}	۲۱/۶۰±۱/۲۵	۲۰/۳۴±۰/۳۹^{a}
	۰/۵	۲۲/۰۹±۰/۸۷	۲۱/۴۴±۰/۰۱	۲۲/۱۶±۰/۲۱^{b}	۲۲/۳۴±۰/۵۶	۲۱/۳۸±۰/۹۷^{ab}
	۱	۲۲/۴۰±۰/۲۳^{B}	۲۱/۴۳±۱/۰۶^{A}	۲۱/۷۶±۱/۰۲^{abA}	۲۱/۵۰±۰/۲۳^{A}	۲۲/۷۶±۰/۴۲^{cB}
	۱/۵	۲۱/۳۸±۱/۲۰	۲۱/۹۲±۰/۵۲	۲۱/۴۴±۰/۳۳^{ab}	۲۲/۲۲±۰/۶۰	۲۱/۹۲±۰/۷۳^{bc}
	۲	۲۲/۶۳±۰/۹۶^{C}	۲۱/۳۲±۱/۲۵^{AB}	۲۰/۵۵±۱/۱۳^{aA}	۲۲/۱۱±۰/۲۲^{BC}	۲۲/۷۶±۰/۲۷^{cC}

نتایج

در پایان ۸ هفته تغذیه‌ی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با عصاره‌ی جلبک، اگرچه بیشترین افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه در تیمار ۲ درصد، بالاترین درصد بازماندگی در تیمار ۱/۵ درصد و همچنین بهترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۲ درصد عصاره‌ی جلبکی حاصل شد ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و گروه شاهد نشان ندادند (P>۰/۰۵ ؛ جدول ۱).

تعداد کل گلبول‌های قرمز در هفته دوم، چهارم، ششم و هشتم نمونه‌برداری در تمامی تیمارهای تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبک افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد (P<۰/۰۵؛ جدول۲). از لحاظ درصد هماتوکریت تمام تیمارهای آزمایشی در هفته‌ی چهارم، ششم و هشتم نمونه‌برداری افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان دادند (P<۰/۰۵ ؛ جدول۲). غلظت هموگلوبین در هفته دوم نمونه‌برداری فقط در تیمار ۱/۵ درصد عصاره، هفته‌ی چهارم در تمامی تیمارها بجز تیمار ۲ درصد و هفته‌ی ششم و هشتم در همه‌ی تیمارهای تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبک افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد (P<۰/۰۵ ؛ جدول۲). در پایان هشت هفته تغذیه با عصاره‌ی جلبک بیشترین تعداد گلبول‌قرمز، درصد هماتوکریت و غلظت هموگلوبین در تیمار ۲ درصد عصاره ثبت شد.

از هفته‌ی دوم تا هفته‌ی هشتم نمونه‌برداری تمامی تیمارهای تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبک افزایش معنی‌داری در تعداد گلبول‌های سفید نسبت به گروه شاهد نشان دادند ($P<۰/۰۵$؛ جدول۳). بیشترین تعداد گلبول‌های سفید در پایان هشت هفته تغذیه در تیمار ۱/۵ درصد عصاره و بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ۲ درصد عصاره ثبت شد. درصد لنفوسیت در هیچ یک از تیمارهای تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبک بجز تیمار ۱/۵ درصد در هفته‌های چهارم و ششم نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نشان نداد ($P>۰/۰۵$؛ جدول۳). بیشترین درصد مونوسیت در هفته‌ی چهارم و ششم نمونه‌برداری مربوط به تیمار ۱/۵ درصد عصاره و در هفته‌ی هشتم مربوط به تیمار ۲ درصد بوده که با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<۰/۰۵$؛ جدول۳). درصد ائوزینوفیل در هیچ یک از زمان‌های نمونه‌برداری تحت تأثیر عصاره‌ی جلبک قرار نگرفت و تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نشان ندادند ($P>۰/۰۵$؛ جدول۳). درصد نوتروفیل تیمار ۱/۵ درصد عصاره جلبکی در هفته‌ی چهارم نمونه‌برداری افزایش معنی‌داری نسبت به همه‌ی تیمارها بجز تیمار ۲ درصد نشان داد ($P<۰/۰۵$؛ جدول۳)، همچنین در پایان هفته‌ی هشتم غذادهی بالاترین درصد نوتروفیل در تیمار ۲ درصد ثبت شد اگرچه اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نشان نداد ($P>۰/۰۵$؛ جدول۳).

براساس نتایج جدول ۴، شاخص‌های خون‌شناسی شامل تعداد گلبول‌سفید، گلبول‌قرمز، غلظت هموگلوبین و درصد هماتوکریت تحت تأثیر هر دو عامل متغیر(زمان و سطوح مختلف عصاره‌ی جلبک) و برهم کنش آن‌ها قرار گرفت. همچنین روند نسبتا منظم افزایشی در میزان شاخص‌های ذکرشده در تیمارهای تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبک از روز صفر تا پایان دوره‌ی تغذیه (هفته‌ی هشتم) مشاهده شد.

جدول ۳. تعداد گلبول‌های سفید و شمارش تفریقی آن‌ها در قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با جلبک *Laurencia caspica*. اطلاعات بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشانه‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف نشانه‌ی وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف است ($P<۰/۰۵$).

شاخص‌ها	تیمارها(درصد عصاره)	روز صفر	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته هشتم
تعداد گلبول‌های سفید (میکرولیتر^{۳}۱۰×)	شاهد	۶/۶۳±۰/۳۰^{AB}	۶/۳۶±۰/۰۵^{aA}	۶/۳۰±۰/۳۶^{aA}	۶/۵۳±۰/۳۵^{aA}	۷/۲۳±۰/۲۵^{aB}
	۰/۵	۶/۶۰±۰/۱۰^{A}	۸/۶۰±۰/۱۰^{bB}	۸/۷۶±۰/۱۵^{bBC}	۸/۵۰±۰/۲۶^{bB}	۸/۹۶±۰/۲۰^{bC}
	۱	۶/۶۱±۰/۲۹^{A}	۷/۹۵±۰/۵۵^{bB}	۸/۶۱±۰/۲۹^{bC}	۸/۷۵±۰/۱۸^{bC}	۹/۴۰±۱/۰۰^{bD}
	۱/۵	۶/۵۱±۰/۲۷^{A}	۱۰/۱۵±۰/۳۵^{cB}	۱۰/۰۵±۰/۲۵^{cB}	۱۰/۵۳±۰/۳۵^{dB}	۱۰/۴۶±۰/۱۵^{cB}
	۲	۶/۳۰±۰/۱۰^{A}	۹/۷۶±۰/۶۶^{cBC}	۹/۸۰±۰/۳۶^{cBC}	۹/۶۰±۰/۲۶^{cB}	۱۰/۴۳±۰/۴۱^{cC}
لنفوسیت(درصد)	شاهد	۸۳/۳۳±۰/۵۷^{AB}	۸۳/۰۰±۳/۰۰^{A}	۸۶/۳۳±۱/۱۵^{bB}	۸۴/۰۰±۱/۰۰^{bAB}	۸۱/۶۶±۱/۵۲^{abA}
	۰/۵	۸۲/۶۶±۲/۰۸	۸۳/۶۶±۰/۵۷	۸۵/۰۰±۱/۷۳^{b}	۸۲/۶۶±۱/۵۲^{ab}	۸۴/۶۶±۱/۵۲^{b}
	۱	۸۱/۳۳±۳/۰۵	۸۱/۳۳±۴/۵۰	۸۵/۶۶±۱/۱۵^{b}	۸۲/۰۰±۱/۰۰^{ab}	۸۱/۶۶±۱/۵۲^{ab}
	۱/۵	۸۱/۶۶±۲/۳۰^{AB}	۸۱/۳۳±۰/۵۷^{AB}	۸۲/۰۰±۱/۰۰^{aAB}	۷۹/۳۳±۳/۲۱^{aA}	۸۴/۶۶±۱/۵۲^{bB}
	۲	۷۹/۳۳±۱/۱۵^{A}	۸۱/۶۶±۱/۵۲^{AB}	۸۴/۰۰±۱/۰۰^{abB}	۸۱/۶۶±۳/۲۱^{abAB}	۷۹/۶۶±۲/۰۸^{aA}
مونوسیت(درصد)	شاهد	۴/۰۰±۱/۰۰^{B}	۴/۰۰±۱/۰۰^{B}	۲/۳۳±۰/۵۷^{aA}	۳/۶۶±۰/۵۷^{aAB}	۴/۳۳±۰/۵۷^{aB}
	۰/۵	۴/۶۶±۰/۵۷^{B}	۴/۳۳±۰/۵۷^{AB}	۳/۶۶±۰/۵۷^{bcAB}	۳/۳۳±۰/۵۷^{aA}	۳/۳۳±۰/۵۷^{aA}
	۱	۴/۳۳±۰/۵۷^{BC}	۵/۰۰±۱/۰۰^{C}	۲/۶۶±۰/۵۷^{abA}	۳/۳۳±۰/۵۷^{aAB}	۴/۳۳±۰/۵۷^{aBC}
	۱/۵	۴/۶۶±۰/۵۷^{AB}	۵/۶۶±۰/۵۷^{B}	۴/۶۶±۰/۵۷^{cAB}	۵/۳۳±۰/۵۷^{bB}	۳/۶۶±۰/۵۷^{aA}
	۲	۵/۰۰±۰/۰۰^{AB}	۵/۰۰±۱/۰۰^{AB}	۳/۶۶±۰/۵۷^{bcA}	۴/۰۰±۱/۰۰^{aA}	۵/۶۶±۰/۵۷^{bB}
ائوزینوفیل(درصد)	شاهد	۰/۳۳±۰/۵۷^{AB}	۰۰/۰۰±۰۰/۰۰^{A}	۱/۰۰±۰/۰۰^{B}	۰/۳۳±۰/۵۷^{AB}	۰/۶۶±۰/۵۷^{AB}
	۰/۵	۰۰/۰۰±۰۰/۰۰	۰/۳۳±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷
	۱	۰/۳۳±۰/۵۷	۱/۰۰±۱/۰۰	۱/۰۰±۱/۰۰	۰/۶۶±۰/۵۷	۱/۳۳±۰/۵۷
	۱/۵	۰/۳۳±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷
	۲	۱/۰۰±۱/۰۰	۰/۶۶±۰/۵۷	۰/۳۳±۰/۵۷	۱/۰۰±۱/۰۰	۰/۶۶±۰/۵۷
نوتروفیل(درصد)	شاهد	۱۲/۳۳±۰/۵۷^{AB}	۱۳/۰۰±۲/۰۰^{B}	۱۰/۳۳±۰/۵۷^{aA}	۱۲/۰۰±۱/۰۰^{AB}	۱۳/۳۳±۰/۵۷^{abB}
	۰/۵	۱۲/۶۶±۱/۵۲^{AB}	۱۱/۶۶±۰/۵۷^{AB}	۱۱/۰۰±۱/۰۰^{aA}	۱۳/۶۶±۰/۵۷^{B}	۱۱/۶۶±۱/۱۵^{aAB}
	۱	۱۴/۰۰±۲/۰۰^{B}	۱۲/۶۶±۲/۵۱^{AB}	۱۰/۶۶±۰/۵۷^{aA}	۱۴/۰۰±۱/۷۳^{B}	۱۲/۶۶±۰/۵۷^{abAB}
	۱/۵	۱۳/۳۳±۱/۵۲^{AB}	۱۲/۶۶±۰/۵۷^{AB}	۱۳/۰۰±۱/۰۰^{bAB}	۱۵/۰۰±۲/۶۴^{B}	۱۱/۶۶±۱/۱۵^{aA}
	۲	۱۴/۶۶±۰/۵۷^{C}	۱۲/۶۶±۰/۵۷^{AB}	۱۲/۰۰±۱/۰۰^{abA}	۱۳/۳۳±۱/۵۲^{ABC}	۱۴/۰۰±۱/۰۰^{bBC}

جدول ۴. تجزیه و تحلیل اثر زمان و سطوح مختلف عصاره‌ی هیدروالکلی جلبک بر شاخص‌های خون‌شناسی، بیوشیمیایی سرم و آنزیم‌های کبدی قزل‌آلای رنگین‌کمان (P<۰/۰۵).

آزمون واریانس دوطرفه			
فاکتور	زمان	سطوح مختلف عصاره	زمان× سطوح مختلف عصاره
شاخص‌های خون‌شناسی			
گلبول‌سفید	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
گلبول‌قرمز	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
هموگلوبین	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
هماتوکریت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
MCV	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۱۳۳
MCH	۰/۰۰۰	۰/۵۰۲	۰/۰۹۵
MCHC	۰/۰۰۰	۰/۰۳۷	۰/۰۲۰
لنفوسیت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۵
مونوسیت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲
ائوزینوفیل	۰/۸۶۶	۰/۰۱۵	۰/۸۶۳
نوتروفیل	۰/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۷۹
شاخص‌های بیوشیمیایی سرم			
پروتئین تام	۰/۰۰۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۰
آلبومین	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
گلوبولین	۰/۰۰۰	۰/۵۳۳	۰/۰۰۰
آنزیم‌های کبدی			
ALP	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ALT	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
AST	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

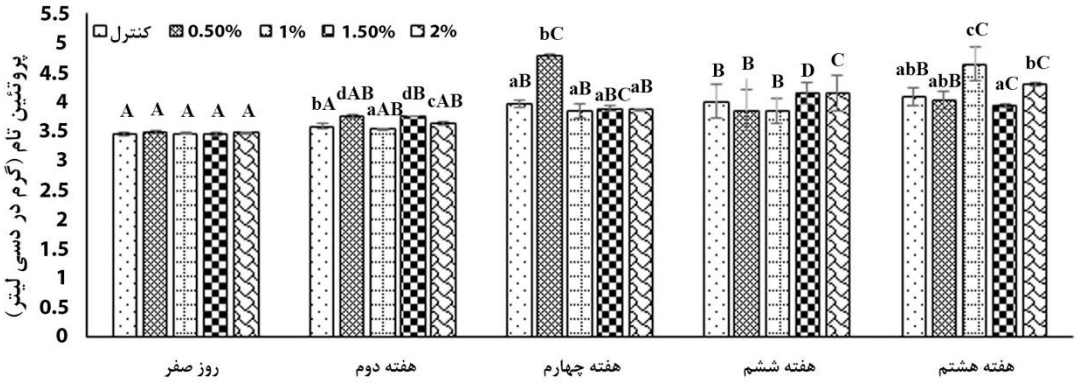
نتایج حاصل از سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهیان در تصویرهای ۴-۱ نشان داده شده است. طبق تصویر ۱، افزایش معنی‌دار پروتئین تام در تیمارهای تغذیه‌شده بجز تیمار ۱ درصد در هفته‌ی دوم، در هفته‌ی چهارم فقط در تیمار ۰/۵ درصد و در هفته‌ی هشتم فقط در تیمار ۱ درصد نسبت به گروه شاهد مشاهده شد (P<۰/۰۵). در هفته‌ی ششم مطالعه تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (P>۰/۰۵).

میزان آلبومین در هفته‌ی دوم و چهارم مطالعه در تیمار ۰/۵ درصد، در هفته‌ی ششم در تمامی تیمارهای تغذیه‌شده غیر از تیمار ۱ درصد و در هفته‌ی هشتم مطالعه در تیمارهای ۱ و ۲ درصد نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵؛ تصویر ۲).

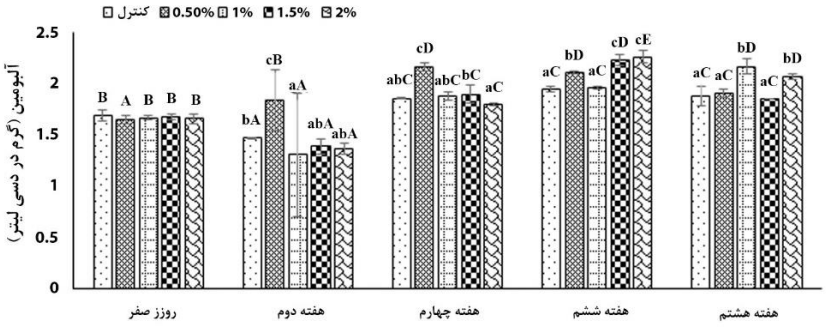
سنجش میزان گلوبولین در هفته‌ی دوم نمونه‌برداری، افزایش معنی‌دار این شاخص را در تیمارهای تغذیه‌شده غیر از تیمار ۰/۵ درصد، در هفته‌ی چهارم فقط در تیمار ۰/۵ درصد، در هفته‌ی هشتم فقط در تیمار ۱ درصد نسبت به گروه شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). تیمارهای آزمایشی در هفته‌ی ششم مطالعه اختلاف معنی‌داری از لحاظ میزان گلوبولین سرم خون نشان ندادند (P>۰/۰۵؛ تصویر۳).

نتایج حاصل از سنجش آنزیم‌های کبدی نشان داد که ماهیان تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبک در هفته‌های مختلف نمونه‌برداری میزان کمتری ALP در سرم داشتند به طوری که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تغذیه‌شده در مقایسه با گروه شاهد در هفته‌های دوم و هشتم مشاهده شد (P<۰/۰۵). کمترین میزان ALP در هفته‌ی دوم در تیمار ۲ درصد و در هفته‌های ۴، ۶ و ۸ نمونه‌برداری در تیمار ۰/۵ درصد مشاهده شد (تصویر ۴).

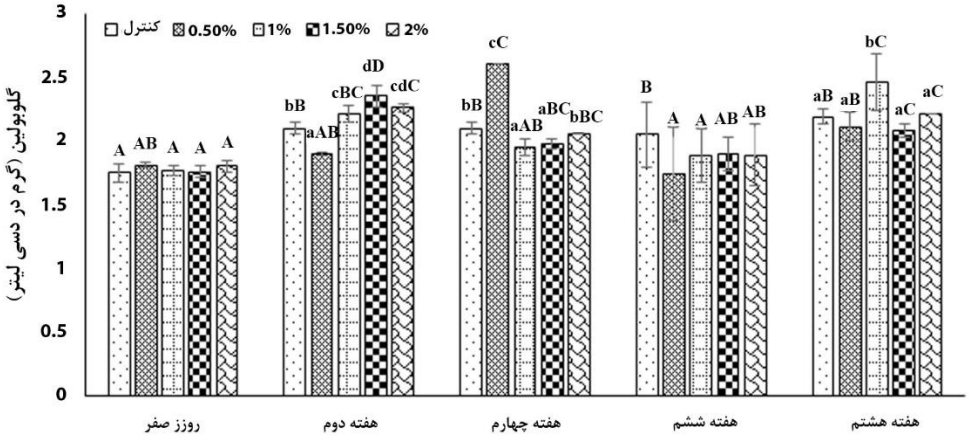
همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌ی حاوی جلبک در هفته ۲، ۴ و ۶ نمونه‌برداری حاوی میزان کمتری ALT در سرم خون بودند و تنها در هفته‌ی ۸ نمونه‌برداری این میزان در تیمار ۱ درصد افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد (P<۰/۰۵؛ تصویر ۵).



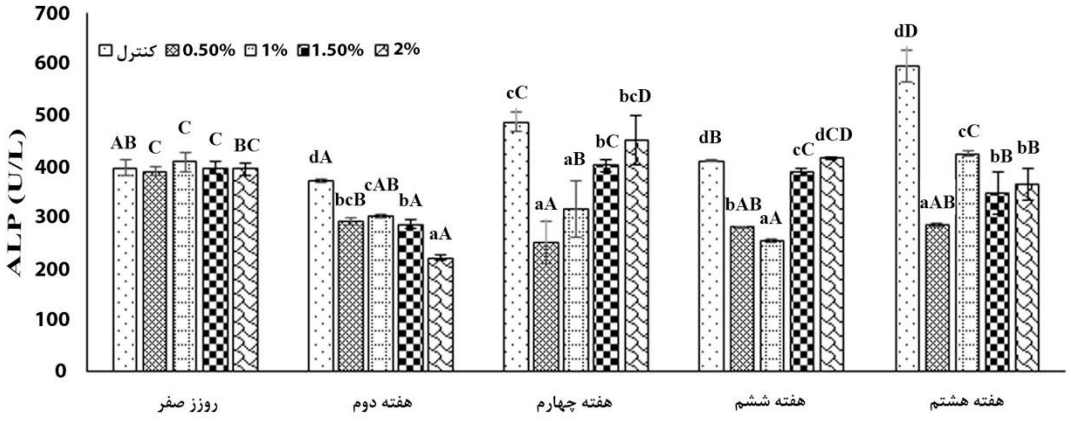
تصویر ۱. میانگین پروتئین تام سرم خون قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جلبک *Laurencia caspica* . حروف بزرگ متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف و حروف کوچک متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان است (P<۰/۰۵).



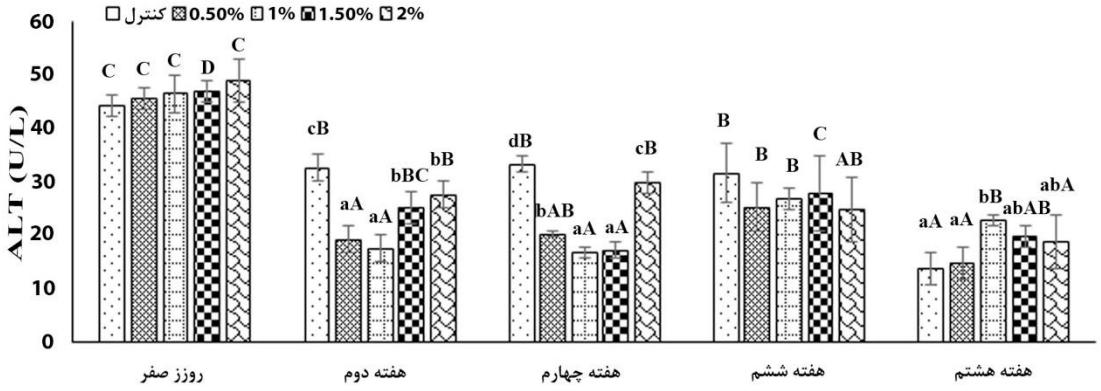
تصویر ۲. میانگین آلبومین سرم خون قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جلبک *Laurencia caspica* . حروف بزرگ متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف و حروف کوچک متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان است (P<۰/۰۵).



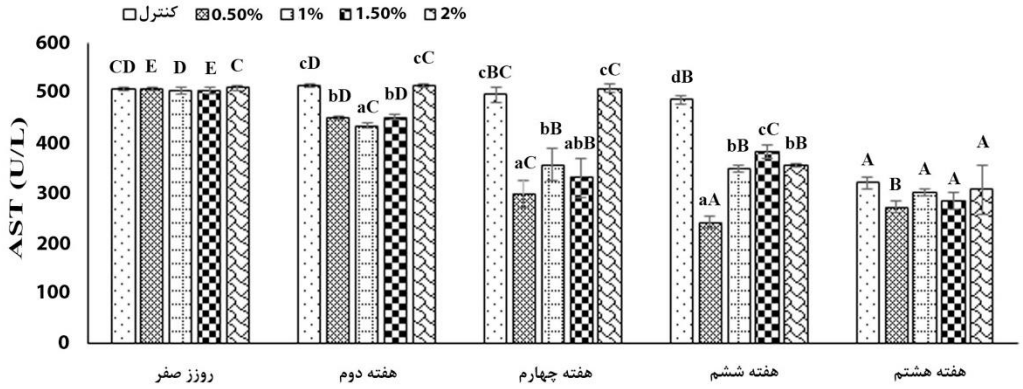
تصویر ۳. میانگین گلوبولین سرم خون قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جلبک *Laurencia caspica*. حروف بزرگ متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف و حروف کوچک متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان است (P<۰/۰۵).



تصویر ۴. میانگین آنزیم ALP سرم خون قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جلبک *Laurencia caspica*. حروف بزرگ متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف و حروف کوچک متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان است (P<۰/۰۵).



تصویر ۵. میانگین آنزیم ALT سرم خون قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جلبک *Laurencia caspica*. حروف بزرگ متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف و حروف کوچک متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان است (P<۰/۰۵).



تصویر ۶. میانگین آنزیم AST سرم خون قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جلبک *Laurencia caspica*. حروف بزرگ متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار یک تیمار در زمان‌های مختلف و حروف کوچک متفاوت نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در یک زمان است (P<۰/۰۵).

طبق نتایج نشان‌داده شده در تصویر ۶ میزان AST سرم خون ماهیان تغذیه‌شده با عصاره‌ی جلبک بجز تیمار ۲ درصد در هفته‌های ۲ و ۴ و در هفته‌ی ۶ در همه‌ی تیمارهای تغذیه‌شده کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد ($P<۰/۰۵$). در هفته‌ی ۸ نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تغذیه‌شده و گروه شاهد مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

طبق نتایج جدول ۴، هر سه آنزیم کبدی مورد بررسی در این مطالعه، تحت تأثیر زمان، سطوح مختلف تیمار و برهم کنش آن‌ها قرار گرفتند. روند نسبتاً منظم کاهشی در تیمارهای تحت تغذیه با عصاره‌ی جلبک از روز صفر آزمایش تا هفته‌ی هشتم نمونه‌برداری مشاهده شد.

بحث

بکارگیری داروهای با منشاء گیاهی با اهداف مختلف نظیر تحریک سیستم ایمنی ماهیان و سایر آبزیان پرورشی، موفقیت‌های زیادی را برای صنعت آبزی‌پروری به ارمغان آورده است. تاکنون ترکیبات زیستی متعددی با گستره‌ی کاربردی متنوعی هم‌چون اثرات آنتی‌بیوتیکی، ضدویروسی، ضدقارچی و ضدسرطانی از جلبک‌های پرسلولی شناسایی و استخراج شده است و بسیاری از متابولیت‌های اولیه و یا ثانویه این جانداران می‌تواند به مواد زیست‌فعال مورد استفاده در صنایع دارویی تبدیل شود (۸،۴۶).

براساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، مکمل‌سازی جیره‌ی غذایی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان اگرچه باعث بهبود رشد و ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۲ درصد عصاره‌ی جلبکی شد اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و همچنین با گروه شاهد مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). همچنین درصد بازماندگی تیمارهای آزمایشی در پایان دوره‌ی غذادهی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و گروه شاهد نشان نداد. هم‌راستا با نتایج به دست آمده از مطالعه‌ی حاضر مکمل‌سازی جیره‌ی غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت تأثیر افزودنی غذایی ماکروجلبک‌های دریایی *Gracilariopsis persica*، *Sargassum bovianum* و *Polycladia myrica* با سطوح ۵ و ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری را در شاخص‌های رشد و درصد بازماندگی بین ماهیان تغذیه‌شده و گروه شاهد(بدون تغذیه با جلبک) نشان نداد (۲۲). نتایج مطالعات Soler-Vila و همکاران در سال ۲۰۰۹ نشان داد که جلبک قرمز *Porphyra dioica* به طور مؤثر می‌تواند تا سطح ۱۰ درصد جیره بدون اثرات منفی برافزایش وزن و عملکرد رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان قرار بگیرد (۳۹). Choi و همکاران در سال ۲۰۱۵ نشان دادند که اضافه نمودن جلبک قرمز *Pyropia yezoensis* منجر به افزایش معنی‌دار میزان رشد روزانه و میزان وزن به دست آمده کفشک ماهی زیتونی *Paralichthys olivaceus* نسبت به گروه شاهد می‌شود (۷).

با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات مختلف، به نظر می‌رسد تفاوت در حصول نتیجه تجویز خوراکی انواع جلبک‌ها بر عملکرد رشد ماهیان، به دوز تجویز آن‌ها بستگی داشته باشد. به عقیده Stadtlander و همکاران در سال ۲۰۱۲، وجود عصاره‌ی جلبک در جیره‌های غذایی می‌تواند منجر به ذخیره انرژی متابولیکی به منظور رشد گردد (۴۳). درحالیکه مطالعات نشان داده‌اند که جایگزینی ماکروجلبک در سطوح بالا ممکن است روی عملکرد رشد تأثیر منفی داشته باشد (۳۲). شاید به دلیل خاصیت ضدتغذیه‌ای پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول (Soluble Non-Starch Polysaccaride) در جلبک‌ها باشد که میزان آن با افزایش درصد ماکروجلبک‌ها در جیره‌ی غذایی افزایش می‌یابد (۶).

طبق نتایج به دست آمده، افزایش معنی‌دار گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت در تیمارهای تغذیه‌شده نسبت به گروه شاهد نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت عصاره‌ی جلبک بر شاخص‌های خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. احتمال می‌رود افزایش در این شاخص‌ها به علت اثر آنتی‌اکسیدان‌های موجود در عصاره‌ی جلبک بر کاهش همولیز ناشی از پراکسیداسیون چربی‌های موجود در غشای گلبول‌های قرمز خون و یا اثر حفاظتی پلی‌فنول‌ها در برابر پراکسید هیدروژن ناشی از اکسیداسیون در گلبول‌های قرمز باشد (۲۶). ماکروجلبک‌های دریایی منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های مختلف همچون فلاونوئیدها و پلی فنول هستند که نقش مهمی در پیشگیری اکسیداسیون دارند (۳۱). پلی فنول‌های موجود در ترکیبات گیاهی می‌توانند با فلزات و یون‌های فلزی مانند آهن، کمپلکس تشکیل داده و پتانسیل این را دارند که در واکنش‌های فیزیولوژیکی مربوط به آهن و دیگر فلزات واسطه دخل و تصرف کنند. بنابراین این احتمال وجود دارد که دسترسی به آهن مورد نیاز بدن جهت خون‌سازی را تسهیل نمایند. مشابه با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر Kim و همکاران در سال ۲۰۱۳ در تحقیقی که بر روی اثرات حمایتی جلبک اسپیرولینا (*Spirulina pacifica*) در طوطی ماهی (*Oplegnathus fasciatus*) داشتند، نشان دادند که افزودن جلبک در جیره‌ی این ماهیان باعث افزایش میزان

هماتوکریت شده است (۲۴). همچنین در مطالعات Karami و همکاران در سال ۲۰۱۶ و Zeraatpisheh و همکاران در سال ۲۰۱۸، بکارگیری عصاره‌ی آبی جلبک *Sargassum angustifolium* در جیره‌ی غذایی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به افزایش معنی‌دار هموگلوبین نسبت به گروه شاهد شد (۲۱،۴۸). هم راستا با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر تجویز *Spirulina platensis* در جیره‌ی غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش گلبول‌قرمز و هموگلوبین را در تیمارهای تغذیه‌شده در پی داشت (۴۷). در مطالعات Tulaby Dezfuly و همکاران در سال ۲۰۱۷، تأثیر مثبت مصرف خوراکی عصاره‌ی الکلی جلبک سارگاسوم (*S. angustifolium*) بر برخی فاکتورهای خونی ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*) تایید شد(۴۵).

گلبول‌های سفید یکی از مهمترین سلول‌هایی هستند که می‌توانند واکنش‌های ایمنی غیراختصاصی را در ماهیان تحریک کنند (۴۰). با توجه به نقش گلبول‌های سفید خونی در سیستم دفاعی ماهی، تغییر تعداد این سلول‌ها تحت تأثیر محرک‌های ایمنی منطقی به نظر می‌رسد. بررسی تغییر تعداد گلبول‌های سفید در این مطالعه حاکی از نقش محرک ایمنی عصاره‌ی جلبک تجویزشده در جیره‌ی غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان است، به طوری که از هفته‌ی دوم به بعد آزمایش تمامی تیمارهای مورد مطالعه افزایش معنی‌داری در تعداد گلبول‌های سفید نسبت به گروه شاهد نشان دادند و بیشترین میزان این شاخص در هفته‌ی ششم در تیمار ۱/۵ درصد عصاره ثبت شد. افزایش تعداد گلبول‌های سفید خون در عفونت‌های طبیعی و تجربی و در مواقع استفاده از واکسن‌ها و محرک‌های ایمنی متعدد گزارش شده است (۱۸،۱۹،۲۷) در مطالعات مشابه تجویز خوراکی عصاره‌ی جلبک *S. angustifolium* بر کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان (۲۱،۴۸) و *S. platensis* بر قزل‌آلای رنگین‌کمان (۴۷) منجر به افزایش تعداد گلبول‌های سفید شد.

در مقایسه شمارش تفریقی گلبول‌های سفید در طول هفته‌های نمونه‌برداری، از لحاظ درصد لنفوسیت و ائوزینوفیل تقریبا تمامی تیمارهای تغذیه شده با جلبک اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نشان ندادند. بیشترین درصد مونوسیت و نوتروفیل در پایان هفته هشتم مطالعه در تیمار ۲ درصد عصاره‌ی جلبکی به دست آمد. در مطالعات مشابه افزایش تعداد گلبول‌سفید، نوتروفیل، مونوسیت و لنفوسیت در ماهی کوی (*Cyprinus carpio carpio*) تغذیه شده با *Arthrospira platensis* گزارش شد (۲). همچنین در مطالعه Farhoudi و همکاران در سال ۲۰۱۷ افزایش درصد نوتروفیل و لنفوسیت در خون ماهی باس دریایی آسیایی(*Lates calcarifer*) تحت تغذیه با جلبک قرمز دریایی *Gracilaria pygmaea* گزارش شد و محققان دلیل آن را به حضور کاروتنوئیدهای موجود در جلبک نسبت دادند که در نهایت با تحریک نوتروفیل و ماکروفاژها به تولید لیزوزیم در خون و تأثیر بر فعالیت فاگوسیتوزی موجب تقویت ایمنی غیراختصاصی می‌شود (۱۱).

پروتئین‌های پلاسما به وسیله‌ی کبد سنتز و در بسیاری از بیماری‌ها و اختلالات فیزیولوژیک از بدن دفع می‌شوند. اندازه‌گیری پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین در سرم یا پلاسما در تشخیص بیماری‌های ماهی به عنوان شاخصی برای وضعیت تغذیه‌ای و همچنین سیستم عروق، عملکرد کبد و کلیه کاربرد دارد (۱). تحقیقات موجود نشان می‌دهد که بهبود عملکرد کبد و سایر ارگان‌های بدن که سنتز اجزای پلاسما را به عهده دارند به افزایش سطح پروتئین سرم خون منجر می‌شود (۲۸). در مطالعه‌ی حاضر، در پایان ۸ هفته تغذیه با عصاره‌ی جلبک، افزایش معنی‌دار پروتئین تام و گلوبولین در ماهیان تغذیه‌شده با ۱ درصد عصاره و آلبومین در تیمارهای ۱ و ۲ درصد نسبت به گروه شاهد و دیگر تیمارها مشاهده شد. به نظر می‌رسد تأثیر مثبت عصاره‌ی جلبک بر پروتئین‌های سرمی سنجش‌شده، احتمالاً به دلیل تقویت سیستم ایمنی غیراختصاصی و همچنین بهبود عملکرد کبد که سنتز اجزای پلاسما را بر عهده دارند باشد. هم‌راستا با نتایج به دست آمده از مطالعه‌ی حاضر بکارگیری جلبک *S. platensis* در سطح ۱۰ درصد در جیره‌ی غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به افزایش معنی‌دار پروتئین تام و آلبومین در ماهیان تغذیه‌شده شد (۴۷).

کبد یکی از مهم‌ترین اندام‌های متابولیزه‌کننده‌ی داروها و سایر مواد مغذی در ماهی است (۴۱)، همچنین نقش مهمی در عملکرد سیستم ایمنی برعهده دارد (۱۵). به طور کلی تمامی این عملکردها در کبد توسط آنزیم‌ها صورت می‌گیرد. آنزیم‌های کبدی معرف سلامت کبد هستند و عمدتاً تحت تأثیرآسیب‌های بافتی افزایش پیدا می‌کنند. در مطالعه‌ی حاضر افزودن عصاره‌ی جلبک به جیره‌ی غذایی ماهیان سبب کاهش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی ALP، AST و ALT در تیمارهای تغذیه‌شده با سطوح متفاوت عصاره‌ی جلبک نسبت به گروه شاهد شد. نتایج تحقیقات علمی نشان داده است که آنزیم‌های کبدی متأثر از فاکتورهای فیزیولوژیک و محیطی از جمله بروز اختلالات در

عضلات اسکلتی، نارسایی و اختلالات قلبی (۴)، نوع جیره‌ی غذایی، دمای آب، سن ماهی و شوری آب (۴۴) می‌باشند. بنابراین احتمال می‌رود افزایش سطح فعالیت این آنزیم‌ها در پلاسمای ماهی‌های گروه شاهد (تحت تیمار فاقد عصاره‌ی جلبک) حاکی از بروز آسیب‌های بافت کبد باشد (۳۵). در مطالعات دیگر مکمل‌سازی جیره‌ی غذایی ماهیان با ریزجلبک نانوکلروپسیس (*Nannochloropsis oculata*) منجر به کاهش سطح فعالیت آنزیم‌های ALP، AST و ALT در قزل‌آلای رنگین‌کمان شد (۲۹). همچنین Sherif و همکاران در سال ۲۰۱۲، بهبود کارکرد آنزیم‌های ALT و AST را در تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) تحت تغذیه با جلبک اسپیرولینا گزارش کردند (۳۷).

با توجه به نتایج شاخص‌های خون‌شناسی، بیوشیمیایی و آنزیم‌های کبدی عملکرد مثبت عصاره‌ی جلبکی به عنوان محرک ایمنی و بهبوددهنده‌ی شاخص‌های خون‌شناسی قزل‌آلای رنگین‌کمان تأیید می‌گردد. از طرفی اندازه‌گیری روند تغییرات فاکتورهای بیوشیمیایی خون می‌تواند به عنوان یک ابزار بالینی مناسب جهت پیش‌بینی و پایش سلامت یک موجود زنده تلقی شود. از این رو با در نظر گرفتن تأثیر عصاره‌ی جلبکی *L. caspica* بر شاخص‌های بیوشیمیایی سرم و آنزیم‌های کبدی قزل‌آلای رنگین‌کمان بکارگیری آن در جیره‌ی غذایی بلامانع است. مطالعات گسترده‌تر جهت آگاهی بیشتر از توانایی‌های جلبک قرمز (*L. caspica*) به عنوان محرک گیاهی برای بهبود شاخص‌های خون‌شناسی و تقویت سیستم ایمنی با توجه به گونه‌های ماهی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از کلیه همکارانی که در اجرای این پروژه با کمک‌های بی‌دریغشان حامی ما بوده‌اند، قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

References

1. Abdel-Tawwab, M., Abdel-Rahman, A.M., Ismael, N.E.M. (2008). Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. Aquaculture, 280, 185-189. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.055
2. Ansarifard, F., Rajabi Islami, H., Shamsaie Mehrjan, M., Soltani, M. (2017). The effect of dietary supplement spirulina (*Arthrospira platensis*) on the immune system and blood biochemical factors of koi fish (*Cyprinus carpio carpio*). Iran Sci Fish J, 26(3), 23-32.
3. Bahram, S., Vahabzadeh Roodsari, H., Nazari, R.M., Javadian, R. (2005). Effect of Levamisole on survival rate of the Persian Sturgeon *(Acipenser persicus)* fry. J Mar Sci Tech, 4, 1-9.
4. Banaee, M., Mirvagefei, A.R., Rafei, G.R., Majazi Amiri, B. (2008). Effect of sub-lethal diazinon concentrations on blood plasma biochemistryl. Int J Environ Res, 2(2), 189- 198.
5. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem , 72(1-2), 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3
6. Brinker, A. (2009). Improving the mechanical characteristics of faecal waste in rainbow trout: the influence of fish size and treatment with a non-starch polysaccharide (guar gum). Aquac Nutr, 15, 229-240. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00587.x
7. Choi, Y.H., Lee, B.J., Nam, T.J. (2015). Effect of dietary inclusion of *Pyropia yezoensis* extract on biochemical andimmune responses of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture, 435, 347-353. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.010
8. Choudhury, S., Sree, A., Mukherjee, S.C., Pattnaik, P., Bapuji, M. (2005). In vitro antibacterial activity of extracts of selected marine algae and mangroves against fish pathogens. Asian Fish Sci, 18, 285–294.
9. Deguara, S., Jauncey, K., Agius, C. (2003). Enzyme activities and pH variations in the digestive tract of gilthead sea bream. J Fish Biol, 62, 1033-1043. https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00094.x
10. De Quiros, A.R.B., Lage-Yusty, M.A., Lopez-Hernandez, J. (2010). Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. Food Chem, 121(2), 634–638. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.078
11. Farhoudi, A., Sourinejad, I., Nafisi Bahabadi, M., Sajjadi, M.M., Salarzadeh, A.R. (2017). Effect of partial substitution of fishmeal by red algae *Gracilaria pygmaea* on the growth performance, hematology and serum biochemistry parameters of Asian Seabass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). Iran Sci Fish J, 26(3), 77-89.
12. Feldman, B.F., Zinkl, J.G., Jain, N.C. (2000). Schalm's Veterinary Hematology. (5th ed.) Lippincott Williams & Wilkins. London, UK.
13. Ganeshamurthy, R., Kumar, T.T., Dhayanithi, N.B., Tissera, K. (2013). Evaluation of antibacterial activity of bioactive compounds obtained from the seaweed *Chondrococcus hornemanni* on ichthyopathogenic bacteria affecting marine ornamental fish. J Coast Life Med, 1(1), 71-75.
14. Hahm D.H., Yeom M., Lee E.H., Shim I., Lee H.J., Kim H.Y. (2001). Effect of *Scutellariae radix* as a novel antibacterial herb on the ppk (Polyphosphate kinase) mutant of *Salmonella typhimurium*. J Microbiol Biotechnol, 11(6), 1061–1065.
15. Hall, J.E. (2010). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. (12th ed.) Saunders. New York, USA.
16. Hashim, R., Mat Saat, M.A. (1992). The utilization of seaweed meals as binding agents in pelleted feeds for snakehead (*Channa striatus*) fry and their effects on growth. Aquaculture, 108(3-4), 299-308. https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90114-Z
17. Holdt, S.L., Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications seaweed *Ulva rigida* C. Agardh. Int Immunopharmacol, 7(7), 879–888.

18. Iwama, G., Nakanishi, T. (1996). The Fish Immune System. (1st ed.) Academic Press, London. UK, Chapter 3: innate Immunity in fish. p. 73- 114.
19. Kajita, Y., Sakai, M., Atsuta, S., Kobayash, M. (1990). The immunonodulatory effects of levamisole on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Fish Pathol, 25, 93-98.
20. Kampbell, T.W., Ellis, Ch.K. (2007). Avian and Exotic Animal Hematology and Cytology. (1st ed.)Wiley Blackwell Scientific publications, Oxford, London, UK.
21. Karami, K., Mesbah, M., Molayem rafter, T., Mohammadian, T., Hoseini, S.S., Nazari, M. (2016). Effects of aqueous extract of *Sargassum angustifolium* (Agardh, 1820) on some of the hematological parameters in Common carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). J Aqu Eco, 6(2), 124-133.
22. Kazemi, M., Abediankenari, A., Rabiei, R. (2018). Effect of Marine Macroalgae on Growth Performance and Immune Response in Rainbow Trout Fingerlings. J Fish Sci Technol, 7(1), 9-16.
23. Kian mehr, H. (2019). Biology of Algae. Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran. p. 436.
24. Kim, S.S., Rahimnejad, S., Kim, K.W., Lee, K.J. (2013). Partial Replacement of fish meal with *Spirulina pacifica* in Diets for parrot fish (*Oplegnathus faciatus*). Turk J Fish Aquat Sci, 13, 197-204.
25. Klontz, G.W. (1994). Fish hematology. In: Techniques in Fish Immunology. Stolen, J.S., Fletcher, T.C., Rowley, A.F., Kelikoff, T.C., Kaatari, S.L., Smith, S.A. (eds.). (1st ed.) Vol. 3. SOS Publications, Fair Haven, New Jersey, USA. p. 121-132.
26. Lanping, M.A., Zaiqun, L., Bo, Z., Li, Y., Zhongli, L. (2000). Inhibition of free radical induced oxidative hemolysis of red blood cells by green tea polyphenols. Chinese Sci Bull, 45(22), 2052-2056.
27. Mehrabi, Z., Firouzbakhsh, F., Rahimi, GH., Kolangi, H. (2017). The Effect of Adding Aloe Vera (*Aloe barbadensis*) in the Diet on Growth Performance and Some Blood Parameters and Serum Biochemical Indices in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Challenged with *Saprolegnia parasitica*. J Fish, 70(1), 60-69.
28. Metwally, M.A.A. (2009). Effects of garlic (*Allium sativum*) on some antioxidant activities in tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). World J Fish Mar Sci, 1 (1), 56-64.
29. Naraghi, M., Shamsaie Mehrgan, M., Rajabi Islami, H., Hosseini Shekarabi, S.P. (2019). Effect of dietary supplementation of *Nannochloropsis oculata* powder on some hematological indices of rainbow trout fingerling. Iran Sci Fish J, 27(6), 105-113.
30. Nayak, S.K., Swain, P., Nanda, P.K., Dash, S., Shukla, S., Meher, P.K., Maiti, N.K. (2008). Effect of endotoxin on the immunity of Indian major carp, *Labeo rohita*. Fish Shellfish Immunol, 24, 394-399. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2007.09.005
31. Onofrejova, L., Vasickova, J., Klejdus, B., Stratil, P., Misurcova, L., Kracmar, S., Vacek, J. (2010). Bioactive phenols in algae: The application of pressurized-liquid and solid-phase extraction techniques. J Pharm Biomed Anal, 51(2), 464-470. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2009.03.027
32. Pereira, R., Valente, L.M.P., Sousa-Pinto, I., Rema, P. (2012). Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Algal Res, 1, 77-82.
33. Ruberto, G., Baratta, M.T., Biondi, D.M., Amico, V. (2001). Antioxidant activity of extracts of the marine algal genus Cystoseira in a micellar model system. J Appl Phycol, 13, 403–407.
34. Sakai, M. (1999). Current research status of fish immunostimulants. Aquaculture, 172, 63-92. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00436-0
35. Secombes, C.J. (1997). The non-specific immune system: Cellular defenses. In: The Fish Immune System: Organism, Pathogen, and Environment. Iwama, G., Nakanishi, T., (eds.). Cambridge: Academic Press. p. 63- 103.
36. Sharma, O.P. (1986). Textbook of Algae. Mc GrawHill pub. Co. Ltd. New. Dehli.
37. Sherif, A.H., EL-Sheekh, M.M., Soad, S. (2012). Effect of *Spirulina* algae on the health status and growth performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured at Kafr El-Sheikh governorate. Egypt J Basic Appl Physiol, 11(1), 57-68.
38. Sivam, G.P. (2001). Recent advances on the nutritional effects associated with the use of garlic as supplement. J Nutr, 131, 1106-1108.
39. Soler-Vila, A., Coughlan, S., Guiry, M.D., Kraan, S. (2009). The red alga *Porphyra dioica* as a fish-feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, feed efficiency, and carcass composition. J Appl Phycol, 21(5), 617-624.
40. Soltani, M. (2007). Fish and Shellfish Immunology. (1st ed.) University of Tehran Press. Tehran, Iran.
41. Souba, W., Wilmore, D. (1983). Postoperative alteration of arteriovenous exchange of amino acids across the gastrointestinal tract. Surgery, 94, 342- 350.
42. Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Martins, J.T., Quintas, M.A.C., Ferreira, A.O.C.S., Teixeira, J. A., Vicente, A.A. (2011). Antioxidant potential of two red seaweeds from the Brazilian coasts. J Agric Food Chem, 59, 5589–5594. https://doi.org/10.1021/jf200999n
43. Stadtlander, T., Khalil, W.K.B., Focken, U., Becker, K. (2012). Effects of low and medium levels of red alga Nori (*Porphyra yezoensis* Ueda) in the diets on growth, feed utilization and metabolism in intensively fed Nile tilapia, *Oreochromis niliticus*(L.). Aquac Nutr, 19, 64-73. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00940.x
44. Taati, R., Soltani, M., Bahmani, M., Zamini, A.A. (2011). Growth performance, carcass composition and immunophysiological indices in juvenile great sturgeon (*Huso huso*) fed on commercial prebiotic, Immunoster. Iran J Fish Sci, 10(2), 324-335.
45. Tulaby Dezfuly, Z., Mesbah, M., Peyghan, R., Mohammadian, T., Bita, S. (2017). Effect of feeding diets containing ethanol extract of algae, *Sargassum angustifolium* on some blood and immune factors in Macro (*Labidochromis caeruleus*). Iran J Vet, 13(1), 68-77.
46. Tuney, I., Cadirci, B.H., Unal, D., Sukatar, A. (2006). Antimicrobial activities of the extracts of marine algae from the coast of Urla (Izmir, Turkey). Turkish J Biol, 30, 171–175.
47. Yeganeh, S., Teimouri, M., Keramat Amirkolaie, A. (2015). Dietary effects of *Spirulina platensis* on hematological and serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Res Vet Sci, 101, 84–88. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.06.002
48. Zeraatpisheh, F., Firouzbakhsh, F., Jani Khalili, KH. (2018). Effects of the macroalga *Sargassum angustifolium* hot water extract on hematological parameters and immune responses in rainbow trout (*Oncohrynchus mykiss*) infected with *Yersinia rukeri*. J Appl Phycol, 30(3), 2029-2037. https://doi.org/10.1007/s10811-018-1395-4

Journal of Veterinary Research
J Vet Res, Volume 75, Number 3, 2020
Original Article

Effect of Oral Administration of Red Alga (*Laurencia caspica*) Hydroalcoholic Extract on Growth Performance, Hematological Indices and Serum Biochemistry in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Milad Kia Daliri[1], Farid Firouzbakhsh[1], Hamid Deldar[2]

[1] *Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran*
[2] *Department of Animal Sciences, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran*

10.22059/jvr.2019.274460.2893

Received: *15 March 2020,* ***Accepted:*** *23 May 2020*

Abstract

BACKGROUND: The use of natural immune stimulants is one of the most effective methods for strengthening immunity and preventing diseases in fish.

OBJECTIVES: Due to the abundance of red algae (*Laurencia caspica*) in the Caspian Sea, the aim of this study was to investigate the effect of this algae on growth performance and blood indices of rainbow trout.

METHODS: The present study was performed on 750 randomly selected rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in 5 experimental treatments including an algal extract-free diet (control), and diets supplemented with 0.5, 1, 1.5, and 2% of algal hydroalcoholic extract. During the experimental period, fish were sampled to measure growth performance and blood indices every two week for 8 weeks.

RESULTS: Growth indices were not affected by the algal extract at the end of eight weeks of feeding. There were no significant differences in fish survival at different treatments. Total counts of red blood cells, white blood cells, hematocrit percentage, hemoglobin concentration and neutrophil and monocyte percentages were affected by algal extract with significant increases compared to the control group ($P<0.05$). Results of serum biochemistry showed that significantly increased total protein, albumin and globulin and also significantly reduced ALT, AST and ALP compared to the control in rainbow trout.

CONCLUSIONS: Based on the results of this study oral use of red algae (*L. caspica*) as an immune stimulant in rainbow trout (*O. mykiss*) was recommended.

Keywords: Macroalgae, *Laurencia caspica*, Rainbow trout, Growth, Hematology

Copyright © 2020. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- 4.0 International License which permits Share, copy and redistribution of the material in any medium or format or adapt, remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

Corresponding author's email: f.firouzbakhsh@sanru.ac.ir Tel/Fax: 011-33687901-011-33687565

How to cite this article:

Kia Daliri, M., Firouzbakhsh, F., Deldar, H. (2020). Effect of Oral Administration of Red Alga (*Laurencia caspica*) Hydroalcoholic Extract on Growth Performance, Hematological Indices and Serum Biochemistry in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Vet Res, 75(3), 328-340. https://doi.org/10.22059/jvr.2019.274460.2893

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Growth and survival indices of rainbow trout fed with *L. caspica*.
Table 2. Hematological indices of rainbow trout fed with *L. caspica*.
Table 3. Differential counting of white blood cells in rainbow trout fed with *L. caspica*.
Table 4. Variation analysis of the time effect and algae extract on the hematology, serum biochemistry and hepatic enzymes of rainbow trout.
Figure 1. The serum total protein of rainbow trout fish fed with *L. caspica*.
Figure 2. The serum albumin of rainbow trout fish fed with *L. caspica*.
Figure 3. The serum globulin of rainbow trout fish fed with *L. caspica*.
Figure 4. The serum ALP of rainbow trout fish fed with *L. caspica*.
Figure 5. The serum ALT of rainbow trout fish fed *L. caspica*.
Figure 6. The serum AST of rainbow trout fish fed with *L. caspica*.