زیست‌شناسی جانوری، سال چهاردهم، شماره سوم، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۱۹۳- ۱۸۱

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف دارچین و کربوهیدرات بر فاکتورهای رشد و شاخص‌های ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

میترا راوردشیری، سمیه بهرام*، سید روح‌الله جوادیان، معصومه بحرکاظمی

گروه شیلات، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاداسلامی، قائم شهر، ایران

*مسئول مکاتبات: s.bahram@qaemiau.ac.ir

DOI: 10.22034/ascij.2022.1936111.1275

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۸

چکیده

در مطالعه حاضر تاثیر سطوح مختلف دارچین (*Cinnamomum verum*) در دو سطح کربوهیدرات بالا (۳۰ درصد) و پایین (۲۰ درصد) جیره بر عملکرد رشد و برخی از فاکتورهای ایمنی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncrhynchus mykiss*) مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، ۳۶۰ قطعه قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی ۱/۳۳ ± ۱۶/۱۲ (میانگین ± انحراف معیار) گرم با شش جیره شامل جیره اول (کربوهیدرات پایین؛ ۲۰ درصد کربوهیدرات)، جیره دوم (کربوهیدرات پایین و ۳ درصد دارچین)، جیره سوم (کربوهیدرات پایین و ۵ درصد دارچین)، جیره چهارم (کربوهیدرات بالا؛ ۳۰ درصد کربوهیدرات)، جیره پنجم (کربوهیدرات بالا و ۳ درصد دارچین) و جیره ششم (کربوهیدرات بالا و ۵ درصد دارچین) به مدت ۵۶ روز تغذیه شدند. مطابق نتایج به‌دست‌آمده تاثیر جیره حاوی کربوهیدرات و دارچین بر میزان وزن نهایی و افزایش وزن معنی‌دار بوده ($p < ۰/۰۵$)، به طوری‌که بیشترین وزن نهایی و افزایش وزن در جیره ۲ (کربوهیدرات پایین و ۳درصد دارچین) و جیره ۳ (کربوهیدرات پایین و ۵ درصد دارچین) مشاهده شد که با جیره ۶ (کربوهیدرات بالا و ۵ درصد دارچین) اختلاف معنی‌دار نداشتند ($p > ۰/۰۵$). نتایج شاخص‌های خون شناسی مربوط به گلبول سفید و شمارش افتراقی آن در ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در میزان گلبول سفید، مونوسیت، بازوفیل، نوتروفیل و ائوزینوفیل مشاهده نشده است ($p > ۰/۰۵$). اما درصد لنفوسیت تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفته و بالاترین درصد لنفوسیت در ماهیان تغذیه شده با جیره ۳ مشاهده شده است ($p < ۰/۰۵$). سطح فعالیت آنزیم لیزوزیم، ایمنوگلوبولین و سیستم کامپلمان تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند ($p > ۰/۰۵$). با توجه به نتایج مربوط به عملکرد رشد و برخی از شاخص‌های ایمنی ماهیان تغذیه شده با جیره دوم و سوم عملکرد مناسب‌تری نسبت به سایر تیمارها داشتند داشتند.

کلمات کلیدی: دارچین، کربوهیدرات، قزل‌آلای رنگین کمان، ایمنی.

مقدمه

تأمین غذا برای انسان یکی از مهمترین چالش‌های پیش‌روی بشریت است. این مسئله توجه کشورهای مختلف را به منظور افزایش تعداد محصولات آبزی پروری در سبد غذایی آنها جلب کرده است. علاوه بر این، پروتئین‌های با کیفیت بالا که از محصولات آبزی پروری به دست می‌آیند، صنعت آبزی‌پروری را با

رشد ۸ درصدی در سال به بیشترین فعالیت در صنعت مواد غذایی تبدیل کرده است (۱۵). با توجه به اینکه، رشد و ضریب تبدیل غذایی دو فاکتور موثر بر سود اقتصادی مزارع آبزی‌پروری محسوب می‌شوند هر گونه اقدامی مانند تغییر جیره غذایی آبزیان برای بهبود این فاکتورها می‌تواند گام اساسی در جهت دستیابی به آبزی‌پروری پایدار باشد (۵، ٦، ١٦).

جیره غذایی مکمل با گیاهان دارویی با توجه به غنی بودن گیاهان از ترکیبات مختلف از جمله فنل‌ها، تانن-ها، آلکالوئیدها، تریپنوئیدها و پلی‌ساکاریدها یک راهکار مهم برای بهبود وضعیت تغذیه‌ای و سلامت آبزیان محسوب می‌شود (۳۵). گیاهان دارویی علاوه بر اینکه باعث تحریک رشد می‌شوند سبب بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی، تحریک اشتها و بهبود سیستم ایمنی می-گردند. طیف گسترده‌ای از گیاهان دارویی از جمله سیر (*Allium satiivum*)، زرشک (*Berberis vulgaris*)، شوید (*Anethum graveolens*) و سایر گیاهان دارویی در جیره غذایی ماهی قزل‌الای رنگین کمان جهت بهبود رشد و سیستم ایمنی استفاده شد (۸، ۱۲، ۱۳، ١٤، ٢٦). یکی از محبوب‌ترین گیاه دارویی دارچین (*Cinnamomum verum*) می‌باشد. ماده اصلی تشکیل دهنده دارچین شامل سینامالدئید، سینامیل الکل، اسید سینامیک و کومارین می‌باشد (۱۹). از خواص این گیاه در انسان و حیوان می‌توان به خواص آنتی اکسیدان، ضد میکروب، ضدسرطان، مسکن، ضدانگل، آنتی کوکسیدیال، افزایش رشد، افزایش اشتها، محرک ترشح صفرا و فعالیت آنزیم‌های هضم کننده اشاره نمود (۱۷، ۲۵). محققین این اثرات را در حیوان و انسان مشاهده کردند (٤، ۹، ۲۵، ۲۹). همچنین Ahmed و همکاران (۲۰۱۱) اثرات مثبت پودر دراچین را در ماهی تیلاپیا (*Orechromis niloticus*) گزارش دادند (۳) اما، مطالعه‌ای در ماهی قزل‌الای رنگین کمان وجود ندارد. براساس آمار منتشر شده توسط FAO (۱۵) ماهی قزل‌آلای رنگین کمان یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی جهان محسوب شده و میزان تولیدات جهانی آن ۸۳٤ هزار تن در سال می‌باشد که سهم ایران از این تولیدات ۳۰ درصد می-باشد همچین این ماهی پرمصرف‌ترین گونه آبزی در ایران می‌باشد (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۸).

واکنش آبزیان به گیاهان دارویی در سطوح مختلف کربوهیدرات ناشناخته می‌باشد. این مسئله برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به عنوان گونه گوشتخوار که به میزان کربوهیدرات بالا در جیره غذایی حساس می-باشد اهمیت بیشتری دارد. بنابراین در این مطلعه فرض شد که دارچین به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی جهت کاهش گلوکز و چربی می‌تواند اثرات نامطلوب سطوح بالاتر کربوهیدرات در جیره غذایی را کاهش دهد.

با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی اثر دارچین بر متابولیسم گلوکز و تاثیر آن بر سطوح کربوهیدرات صورت نگرفته این تحقیق با گنجاندن سطوح کربوهیدرات و دارچین در جیره قزل آلای رنگین کمان به بررسی اثر آن بر عملکرد رشد و شاخص‌های ایمنی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در یک دوره ۸ هفته‌ای در سالن آبزی-پروری شرکت دانش آبزیان مازند واقع در ساری انجام پذیرفت. در ابتدای آزمایش و به منظور سازگاری ماهیان با شرایط جدید پرورشی ۳٦۰ قطعه قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین ۱/۳۳ ± ۱٦/۱۲ (میانگین ± انحراف معیار) گرم در ۱۸ آکواریوم ۳۰۰ لیتری به تعداد ۲۰ قطعه در هر اکواریوم با شرایط یکسان از نظر حجم آب و فاکتورهای کمی و کیفی مشابه توزیع شدند. میانگین شاخص‌های فیزیک و

شیمی آب در طی دوره پرورش شامل: اکسیژن محلول (۰/۳۵ ± ۷/٤ میلی‌گرم در لیتر)، دما (۰/٦ ± ١٤ درجه سانتی‌گراد) و pH (۰/۳ ± ۷/۲ میلی‌گرم در لیتر) بود. برای تامین آب مورد نیاز از آب چاه بعد از ٢٤ ساعت هوادهی استفاده گردید و هوادهی در هر اکواریوم با یک سنگ هوا انجام می‌شد که به هواده مرکزی متصل بودند. آب اکواریوم به هنگام سیفون کردن که هر یک روز در میان صبح قبل از غذادهی صورت می‌گرفت، به میزان ۳۰ تا ٤٠ درصد تعویض می‌گردید.

آماده‌سازی جیره: شش جیره آزمایشی با سطوح انرژی و پروتئین یکسان حاوی سطوح مختلف دارچین و کربوهیدرات شده فرموله شد (جدول ۱). برای ساخت جیره، بعد از تنظیم فرمول جیره های غذایی و آماده نمودن مواد مورد نیاز و تجزیه آنها، تهیه جیره غذایی به شرح زیر انجام گرفت. ابتدا پودر ماهی توسط آسیاب (پارس خزر) آسیاب شده و سپس به وسیله الک ۱۰۰ میکرون الک گردید تا نمونه‌ی نرم و یک دست بدست آمده و در صورت وجود ناخالصی، از آن جدا گردد. مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت هر یک از جیره‌های غذایی به کمک ترازوی آزمایشگاهی توزین و در آسیاب به خوبی مخلوط شد. پس از آن روغن به مخلوط مواد اضافه شده و برای ۱۵ دقیقه کاملا با هم مخلوط شدند. آنگاه آب به مقداری که مخلوط حالت کاملا خمیری بخود گیرد اضافه گردید. سپس خمیر از یک چرخ گوشت به چشمه ۳ میلی متر عبور داده شد که نهایتا به شکل رشته های ماکارونی از آن خارج شد بعد از آن در یک آون در دمای ٦٠ درجه سانتی گراد به مدت ٦ ساعت خشک شدند (۲۳). پس از آن جیره های غذایی خرد شده و سپس در بسته های شماره گذاری شده و تا زمان مصرف در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند و همزمان با شروع آزمایش جیره‌ها به یخچال ٤ درجه سانتی گراد انتقال یافتند. به منظور اطلاع دقیق از ترکیب جیره های ساخته شده نمونه‌ای از هر یک از آنها در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت (جدول ۱). میزان کربوهیدرات موجود در جیره‌های آزمایشی با توجه به سطوح آرد سویا، آرد گندم و میزان نشاسته به عنوان فیلر در تیمارهای مختلف تنظیم شد. با توجه به اینکه سینامالدئید ٦٥ تا ۸۰ درصد ترکیب فعال پودر دارچین را تشکیل می-دهد (۲۷). در مطالعه حاضر اندازه‌گیری شده و محتوالی سینامالدئید در پودر دارچین ۱۵/۷ میلی‌گر بر گرم پودر بود. تیمارهای آزمایشی با سطوح مختلف کربوهیدرات و دارچین در جدول ۲ ذکر شد. در مطالعات مختلف از سطوح مختلف دارچین برای گونه‌های مختلف استفاده شده و با توجه به گونه سطح ۱ تا ۵ درصد را به عنوان سطح مطلوب دارچین ذکر شد که در مطالعه حاضر با مرور بر مطالعات مختلف سطح ۳ و ۵ درصد در نظر گرفته شد (۳۰، ۳٤). سطح مطلوب کربوهیدرات برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان سطح ۲۰ درصد گزارش شد (۱۸) اما در مطالعه حاضر علاوه بر سطح ۲۰ درصد سطح ۳۰ درصد هم در نظر گرفته شد تا اثرات سطوح مختلف دارچین در دو سطح بالا و پایین کربوهیدرات بر عملکرد رشد و فاکتورهای ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان مورد بررسی قرار گیرد.

فاکتورهای رشد و تغذیه: در پایان ۸ هفته پرورش غذادهی به مدت ٢٤ ساعت قطع شده و سپس ماهیان با پودر گل میخک با دوز ۷۰ تا ۷۵ ppm بیهوش شده و زیست سنجی با تراز انجام شد (۱۳). شاخص‌های رشد از جمله افزایش وزن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نرخ کارای پروتئین (PER) و نرخ بقا مطابق با فرمول‌های زیر محاسبه گردیدند (۲۳):

افزایش وزن (WG) (گرم) = وزن نهایی – وزن اولیه

نرخ رشد ویژه (SGR) (٪ / روز) = ((لگاریتم وزن نهایی – لگاریتم وزن اولیه) / مدت زمان آمایش) ×۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = [کل غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن کسب شده (گرم)] ×۱۰۰

نرخ کارایی پروتئین (PER) = [افزایش وزن کسب شده (گرم) / پروتئن خورده شده (گرم)]

نرخ بقا (٪) = (تعداد ماهیان زنده در آخر آزمایش/ تعداد ماهیان در شروع آزمایش)

نمونه‌برداری: در پایان دوره‌ی پرورش، تعداد ٤ قطعه ماهی از هر تکرار به طور تصادفی جهت خون‌گیری انتخاب گردید. بعد از بیهوشی با پودر گل میخک (۷۰ تا ۷۵ ppm، ۱۳)، خون‌گیری از ساقه دمی انجام شد. بخشی از خون در لوله خون‌گیری حاوی مواد هپارینه قرار گرفتند تا شمارش گلبول سفید انجام شود و بخش دیگری از خون جمع‌آوری شده در لوله‌های فاقد ماده ضد انعقاد خون قرارگرفتند و پس از تشکیل لخته، سرم خون با استفاده از سانتریفیوژ (به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه) توسط سمپلر از لخته جدا شده و در میکروتیوپ‌های جداگانه قرار گرفت و تا زمان سنجش فاکتورها در فریزر ۲۰- نگهداری شد (۱۳).

شمارش افتراقی گلبول سفید: شمارش گلبول‌های سفید با استفاده از لام هموسیتومتر و محلول رقیق-کننده نات-هریک، حاوی ۳/۸۸ گرم کلرید سدیم، ۲/۵۰ گرم سولفات سدیم، ۱/۷٤ گرم فسفات سدیم، ۰/۲۵ گرم فسفات پتاسیم، ۷/۵۰ میلی‌لیتر فرمالین ۳۷ درصد و ۰/۱ گرم متیل ویوله حل شده در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر می‌باشد انجام شد (۱۱).

لیزوزیم: سرم استحصال شده از خون به منظور سنجش فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و ایمنی به فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد انتقال یافت. فعالیت لیزوزیم با استفاده از روش Kumari و همکاران (۲۰۰٦) اندازه‌گیری شد (۲۱). به این منظور ۲۵ میکرولیتر سرم به پلیت‌های ۹٦ خونه‌ای شکل الیزا، افزوده شد. سپس ۱۵۰ میکرولیتر سوسپانسیون باکتری میکروکوکوس لیزودیکتیکوس *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma, M3770) تهیه شده و در بافر سیترات سدیم ۰/۰۲ مولار با pH برابر با ۵/۵ اضافه گردید و جذب نوری اولیه در طول موج ٤۵۰ نانومتر و پس از ٤ دقیقه نگهداری و در دمای اتاق، با فواصل ۳۰ ثانیه، مجددا جذب نوری اندازه‌گیری شد. سپس تفاوت جذب نوری بین اولین و دومین مرحله نورسنجی ثبت شد و نتایج حاصله بر حسب واحد بر میلی‌لیتر به کمک منحنی استاندارد با استفاده از رقت-های لیزوزیم سفیده تخم/مرغ محاسبه شد (۲۱).

سنجش فعالیت سیستم کمپلمان: فعالیت سیستم کمپلمان سرم نیز براساس همولیز گلبول‌های قرمز خرگوش (RaRBC) و به کمک روش Amar و همکاران (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه میزان فعالیت کپلمان با استفاده از کاغذ شطرنجی منحنی لیز رسم شد. طبق تعریف حجمی از سرم که سبب ۵۰ درصد همولیز شود عبارت است از فعالیت کمپلمان نمونه و از رابطه زیر استفاده شد:

فعالیت کمپلمان (U/ml): ۰/۵ × (فاکتور رقت) × k

در این رابطه k مقداری از سرم است برحسب میلی-لیتر که موجب ۵۰ درصد همولیز می‌شود، ۰//۵ عدد ثابت بوده و فاکتور رقت در این تست ۰/۰۱ می‌باشد چون سرم ۱۰۰ مرتبه رقیق شده است.

ایمنوگلوبولین: میزان ایمنوگلوبولین با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و به وسیله ی دستگاه اتو آنالایزر نمونه‌ی EUROLYSER ساخت کشور اتریش اندازه گیری شد.

تحلیل آماری: آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro-Wilk و همگنی

واریانس‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. در صورت برقراری شرایط فوق، جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس دو طرفه (Two way ANOVA) استفاده شد و اختلاف میانگین‌ها بوسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری۰/۰۵ >p بررسی شد. داده‌ها در متن بصورت میانگین ± انحراف معیار آورده شده است.

جدول ۱- فرمول‌بندی و تجزیه و تحلیل تقریبی جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف کربوهیدرات و دارچین

اقلام (درصد)/تیمار	تیمار۱	تیمار۲	تیمار۳	تیمار٤	تیمار٥	تیمار٦
پودر ماهی	٤٤	٤٤	٤٤	٤٤	٤٤	٤٤
آرد سویا	۲۰	۲۰	۲۰	۱۸	۱۸	۱۸
پودر گوشت و استخوان	۷	۷	۷	۷	۷	۷
آرد گندم	٥/۷۳	٥/۷۳	٥/۷۳	۱۷/۷۳	۱۷/۷۳	۱۷/۷۳
روغن ماهی	٦	٦	٦	۱	۱	۱
روغن سویا	٦	٦	٦	۱	۱	۱
لکتین	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۰/٥
دی کلسیم فسفات	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۰/٥
مکمل معدنی	۳	۳	۳	۳	۳	۳
مکمل ویتامینی	۲	۲	۲	۲	۲	۲
ضد قارچ	۰/۲٥	۰/۲٥	۰/۲٥	۰/۲٥	۰/۲٥	۰/۲٥
آنتی اکسیدان	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
دارچین	۰	۳	٥	۰	۳	٥
فیلر (نشاسته)	٥	۲	۰	٥	۲	۰
پروتئین	٤۰/٤	٤۰/٥	٤۰/٦	٤۰/۳	٤۰/٦	۳۹/۷
چربی	۱۸/۰	۱۸/٤	۱۷/۸	۸/٤	۷/۹	۸/۱
خاکستر	۱۲/۱	۱۱/۸	۱۱/۹	۱۲/۷	۱۲/۰	۱۲/٤
کربوهیدرات	۱۹/۷	۱۹/٦	۲۰/۱	۲۹/۷	۳۰/۱	۲۹/۸
رطوبت	۹/۸	۹/۷	۹/٦	۸/۹	۹/٤	۱۰

جدول ۲- تیمارهای آزمایشی با درصدهای مختلف دارچین و کربوهیدرات

جیره‌ها/ کربوهیدرات و دارچین	کربوهیدرات (٪)	دارچین (٪)
جیره ۱	۲۰	۰
جیره ۲	۲۰	۳
جیره ۳	۲۰	٥
جیره ٤	۳۰	۰
جیره ٥	۳۰	۳
جیره ٦	۳۰	٥

نتایج

نتایج مربوط به عملکرد رشد در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده تاثیر جیره حاوی کربوهیدرات و دارچین بر میزان وزن نهایی و افزایش وزن معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$). به طوری‌که بیشترین وزن نهایی و افزایش وزن در تیمار۲ (کربوهیدرات پایین و ۳ درصد دارچین) و تیمار ۳ (کربوهیدرات پایین و ۵ درصد دارچین) مشاهده شد که با تیمار ٦ (کربوهیدرات بالا و ۵ درصد دارچین) اختلاف معنی-دار نداشتند ($p >۰/۰۵$) اما، با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. در سایر پارامترها، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه، کارایی پروتئین و نرخ بقا اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($p >۰/۰۵$). نتایج مربوط به گلبول سفید و شمارش افتراقی آن در بچه ماهیان قزل‌الای رنگین کمان در جدول ٤ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در میزان گلبول سفید، مونوسیت، بازوفیل، نوتروفیل و ائوزینوفیل مشاهده نشده است ($p > ۰/۰۵$). اما سطح لنفوسیت تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفته است و بالاترین سطح لنفوسیت در ماهیان تغذیه شده با جیره ۳ مشاهده شده است. اختلاف معنی‌داری در میزان ایمنوگلوبولین و سطح فعالیت کمپلمان‌ها بین تیمارها دیده نشده است (جدول ۵، $p < ۰/۰۵$). سطح فعالیت آنزیم لیزوزیم تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت اما بالاترین فعالیت در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های ۲، ۳، ۵ و ٦ دیده شده که با تیمارهای تغذیه شده با جیره ۱ و ٤ اختلاف معنی‌داری نداشتند.

جدول ۳- عملکرد رشد قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره های آزمایشی حاوی کربوهیدرات و دارچین

تیمارها/ فاکتورها	وزن اولیه (گرم)	ورن نهایی (گرم)	افزایش وزن (گرم)	نرخ رشد ویژه (٪/روز)	نرخ کارایی پروتئین (٪)	ضریب تبدیل غذا	نرخ بقا
جیره ۱	۱٦/۳۱	۷۱/۱۷ ±۱/۰۲ ^{b}	٥٤/۸٦ ±۲/۷٤^{b}	۲/٦۳ ±۰/۲٤	۲/۳۰ ±۰/۲۷	۱/۰۷ ±۰/۱۱	۱۰۰
جیره ۲	۱٦/۰۲	۸۸/٦٦ ±۱/۲۱^{a}	۷۲/٦٤ ±۱/٥٥^{a}	۳/۰٥ ±۰/۲۱	۲/٦۳ ±۰/۲٤	۰/۹٤ ±۰/۱۲	۱۰۰
جیره ۳	۱٦/۲۱	۸۹/۳٤ ±٤/۱۱ ^{a}	۷۳/۱۳ ±٥/٦۲^{a}	۳/۰٤ ±۰/۲۸	۲/٥۳ ±۰/۲٥	۰/۹۷ ±۰/۰٦	۱۰۰
جیره ٤	۱٥/۸۹	٦۹/۱۲±٤/٥۷ ^{b}	٥۳/۲۳ ±٥/۰۱^{b}	۲/٦۲ ±۰/۱۸	۲/۳٦ ±۰/۲۰	۱/۰٥ ±۰/۱۰	۱۰۰
جیره ٥	۱٦/۲۸	۷۰/۰٤ ±۱/۱٤ ^{b}	٥۳/۷٦ ±۲/۰۹^{b}	۲/٦۰ ±۰/۱۷	۲/۲٦ ±۰/۱٥	۱/۰۹ ±۰/۰۹	۱۰۰
جیره ٦	۱٦/۰٤	۷٤/۱۱ ± ۱/۸۸^{ab}	٥۸/۰۷ ±۲/۲٦^{ab}	۲/۷۳ ±۰/۱٤	۲/٥٤ ±۰/۱٦	۰/۹۹ ±۰/۱۲	۱۰۰

*میانگین ها ± انحراف از معیار با حروف متفاوت در ستون‌های یکسان نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در تیمارها می‌باشند ($p < ۰/۰۵$).

جدول ٤- شاخص‌های خون شناسی ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف دارچین و کربوهیدرات

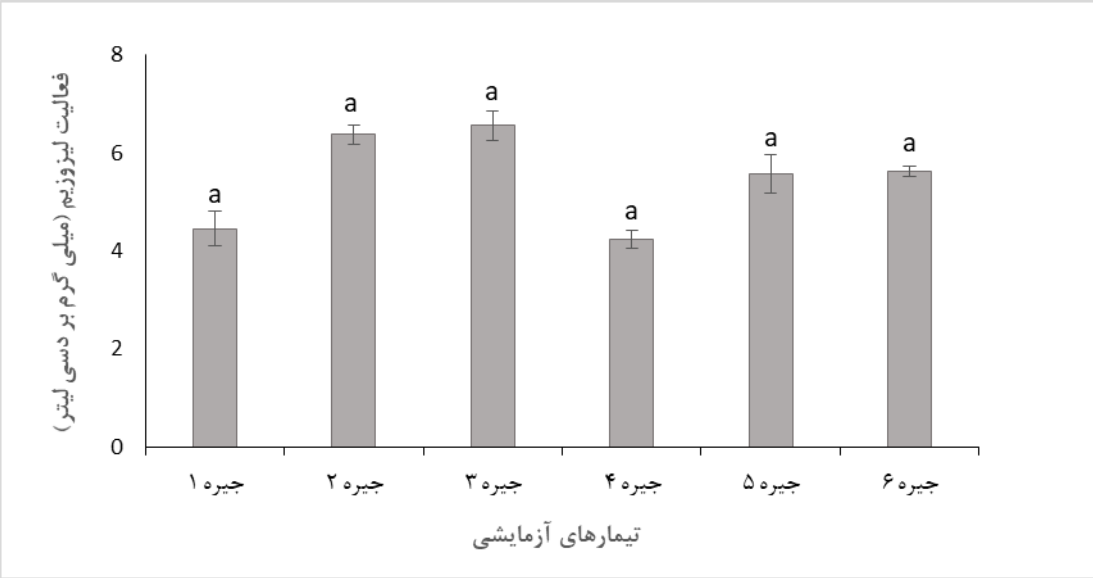
فاکتورها / تیمارها	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	جیره ٤	جیره ٥	جیره ٦
گلبول سفید ($\times۱۰^{۳}/mm^{3}$)	۱۹/۳٥±۱/۲۱^{a}	۲۲/۲۰±۰/٥۸^{a}	۲۲/٦۸±۱/۰٤^{a}	۱۹/۹٥±۱/٥۷^{a}	۲۰/۳٤±۲/۳۱^{a}	۲۱/۹۲±۱/۸۹^{a}
لنفوسیت (درصد)	٦٥/۳۰±۰/٤۲^{b}	٦۸/۲۰±۱/۰۲^{ab}	۷۰/۱۳±۰/٤۱^{a}	٦٥/٦٤±۱/۲۷^{b}	٦٦/۱۲±۰/۸۲^{b}	٦٦/۲۳±۰/٤۱^{b}
مونوسیت (درصد)	۲/۱٦±۰/۳۷^{a}	۲/۲۳±۰/۷۷^{a}	۲/۷۳±۰/۷۷^{a}	۲/۰٤±۰/۰۸^{a}	۲/۲٤±۰/٥٦^{a}	۲/٤٤±۰/۱۰^{a}
نوتروفیل (درصد)	۲۸/٦۰±۱/۲۲^{a}	۲٦/۱۰±۱/۰۱^{a}	۲٦/۸۷±۰/٥٤^{a}	۲۷/٥۳±۰/۷۷^{a}	۲۷/٤۱±۱/۰٦^{a}	۲۷/۹۳±۰/۲۳^{a}
بازوفیل (درصد)	۱/۷٤±۰/۱۷^{a}	۱/٥۷±۰/۸۷^{a}	۱/۲۸±۰/۱٤^{a}	۱/۲۷±۰/۱٦^{a}	۱/۲٥±۰/۲۲^{a}	۱/۸۹±۰/۱٤^{a}
ائوزینوفیل (درصد)	۱/۹۰±۰/۰٤^{a}	۲/۰۲±۰/۰۷^{a}	۲/۱۷±۰/۲٦^{a}	۲/۳۳±۰/٤۰^{a}	۱/۷۸±۰/۰۷^{a}	۲/۷۷±۰/۳٥^{a}

حروف متفاوت در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می باشد ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۵- شاخص‌های ایمنی ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف دارچین و کربوهیدرات

فاکتورها / تیمارها	جیره ۱	جیره ۲	جیره ۳	جیره ٤	جیره ٥	جیره ٦
ایمنوگلوبولین (mg/ml)	۹۱/۷٦±۷/۵۰^{a}	۱۲۲/۹٤±٤/۹۳^{a}	۱۳۳/۲۹±٤/۵۸^{a}	۸۵/٤۱±۵/۰۰^{a}	۱۱۰/۳۷±۹/۵^{a}	۱۱۵/٤۱±۵/۰۰^{a}
کمپلمان C3 (mg/ml)	۲۳/٦±۵/۰۰^{a}	۳۰/٦±٦/۵^{a}	۳۲/۰۷±٦/۵^{a}	۲۲/٤±۵/۵٦^{a}	۲۹/۸۳±٤/۵^{a}	۳۱/۳۹±۵/۸٤^{a}
کمپلمان C4 (mg/ml)	٦/۵۳±۱/۰۰^{a}	۸/۵۸±۱/۷۷^{a}	۸/۷۷±۱/۷۷^{a}	٦/٤۰±۱/۰۸^{a}	۸/۵۲±۱/۵٦^{a}	۸/۸۵±۱/۱۰^{a}

حروف متفاوت در هر سطر نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می باشد ($p <$ ۰/۰۵).



نمودار ۱- فعالیت آنزیم لیزوزیم ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با تیمارهای آزمایشی.

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جیره حاوی کربوهیدرات و دارچین برمیزان وزن نهایی و افزایش وزن اثر معنی‌دار داشت، به طوری‌که بیشترین وزن نهایی و افزایش وزن در جیره ۲ (کربوهیدرات پایین و ۳ درصد دارچین) و جیره ۳ (کربوهیدرات پایین و ۵ درصد دارچین) مشاهده شد که با جبره ٦ (کربوهیدارات بالا و ۵ درصد دارچین) اختلاف معنی-دار نداشت. نتایج مشابهی در ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) تغذیه شده با دارچین (۱۰ گرم بر کیلوگرم جیره) گزارش شد (۲، ۳). همچنین، محققان گزارش دادند که سینامالدئید (اصلی ترین ماده فعال دارچین) سبب بهبود ژن های حامل رشد و اسیدهای آمینه می‌گردد (۳٦). با نگاهی به تحقیقات مختلف، طیف گسترده‌ای را می‌توان در دوز بهینه مشاهده کرد. مطالعات زیادی نشان داد که که عملکرد تغذیه‌ای در ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف دارچین در چندین گونه بهبود پیدا کرده است. ستیاواتی و همکاران (۲۰۱٦) گزارش دادند که جیره حاوی برگ‌های دارچین سبب بهبود کارایی پروتئین و غذا می‌گردد همچینین بهبود در ضریب تبدیل غذایی در چندین گونه پرورشی تغذیه شده با سطح ۰/۱ تا ۱ درصد دارچین مشاهده شد (۳۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ماهیانی که با سطح پایین‌تر کربوهیدارت (۲۰ درصد) تغذیه شدند عملکرد تغذیه‌ای بهتری نسبت به سطح بالاتر (۳۰ درصد کربوهیدرات) داشتند. گوموز و ایکیز (۲۰۰۹)

پیشنهاد دادند که سطوح بالاتر از ۲۰ درصد کربوهیدرات سبب کاهش رشد در ماهی قزل‌الارنگین کمان می‌گردد (۱۸).

اگرچه ماهیان تغذیه شده با جیره ٦ که حاوی ۳۰ درصد کربوهیدرات و ۵ درصد دارچین بود وزن بالاتری نسبت به جیره‌های ٤ و ۵ (کربوهیدرات بالا و سطح ۰ و ۳ درصد دارچین) نشان دادند. این نتایج نشان‌دهنده حضور مثبت دارچین در سطوح بالای کربوهیدرات می‌باشد. حضور دارچین سبب بهبود هضم و جذب مواد مغذی، بهبود در فعالیت آنزیم‌های گوارشی و جمعیت میکروارگانسیم‌های مفید در دستگاه گوارش می‌گردد (۱۰، ۲۲). همچنین دارچین در تعادل و هموستازی لیپد و کربوهیدرات دخالت دارد (۱۷، ۲۰، ۳۳).

برگ‌های دارچین غنی از ویتامین، مواد معدنی و عوامل محرک رشد می‌باشند (۱۰). دارچین به خوبی به عنوان منبع آنتی‌اکسیدان و محرک سیستم ایمنی در ماهی و سایر حیوانات شناخته شده است که می‌تواند به طور غیر مستقیم بر رشد تاثیر گذار باشد (۲، ۳).

مکمل دارچین در سطوح بالا باعث تلخی و مزه گس می‌شود و به طور بالقوه مصرف خوراک را کاهش می‌دهد (۷). با این حال، در ماهی قزل آلای رنگین کمان، هیچ علامتی از اثر سو بر مصرف خوراک مشاهده نشد و به نظر می‌رسد ماهی می‌تواند ۵ درصد دارچین را هضم کند بدون اینکه مشکلی در رابطه خوش طعم بودن باشد. ماهی قزل آلای‌رنگین کمان در سطح اشباع آشکار تغذیه می‌شدند تا اطمینان حاصل شود که هرگونه اثر دارچین بر مصرف خوراک کنترل شود، هیچ مطالعه‌ای در سایر حیوانات در مورد کاهش مصرف خوراک با مصرف بیش از حد دارچین در جیره‌های آزمایشی گزارش نشده است. بر این اساس، این گیاه می‌تواند با افزایش بیان ژن نوروپپتید Yدر هیپوتالاموس، باعث افزایش مصرف خوراک در موش شود (۲٤).

عملکرد رشد در جیره‌های غذایی با کربوهیدرات بالا و عدم حضور دارچین (جیره ٤) کاهش یافته و این نشان دهنده اینست که ماهی قزل‌آلای رنگین کمان سطح کمتر کربوهیدرات را به سطح بالاتر ترجیح می‌دهد اما، در این مطالعه حضور دارچین در سطح ۵ درصد در جیره با کربوهیدرات بالا اثر مثبتی در هضم و جذب جیره داشته و عملکرد رشد ماهیان در این تیمار مناسب بود. این نتایج نشان می‌هد که ماهی قزل‌آلای رنگین کمان قابلیت استفاده از کربوهیدرات تا سطح ۳۰ درصد را در حضور دارچین دارد. به طور کلی، ۵ درصد دارچین به عنوان سطح مطلوب برای ارائه حداکثر عملکرد رشد در ماهی قزل آلای رنگین کمان در دو سطح بالا و پایین کربوهیدارت پیشنهاد می‌شود و ماهیان تغذیه شده با این دوز در مقایسه با شاهد رشد بالاتری داشتند.

نتایج بررسی حاضر نشان داد تغذیه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان با سطوح مختلف دارچین در دو سطح مختلف کربوهیدرات باعث بروز تفاوت معنی‌دار در پروفایل گلبول‌های سفید نگردید. با این وجود پروفایل گلبول سفید در تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف دارچین در هر دو سطح کربوهیدرات وضعیت مناسب‌تری نسبت به جیره‌های شاهد داشتند و در سطح ۲۰ درصد کربوهیدرات بهبود در پروفایل گلبول سفید نسبت به سطح ۳۰ درصد مشهودتر بود. نتایج مشابهی در مطالعه انجام شده توسط اکرمی و همکاران (۱۳۹٦) مشاهده شد که سطوح مختلف عصاره زنجبیل تاثیر معنی‌داری در شاخص‌های خونی و پروفایل گلبول سفید در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نداشت اما سبب بهبود در این شاخص‌ها نسبت به گروه شاهد شده است (۱).

در مطالعه دیگری (۲۰۱۰) اثر معنی‌داری در استفاده از مکمل سیر در جیره غذایی بر سیستم ایمنی ماهی تیلاپیا مشاهده نشد اما، حضور سیر در جیره غذایی سبب بهبود در این فاکتورها شد. گلبول سفید یکی از شاخص‌های مهم سلامتی و وضعیت سیستم ایمنی جانور است (۲۸). از جمله عوامل موثر بر تعداد گلبول سفید به استرس، بیماری، عوامل آلاینده، تغذیه، شرایط فیزیولوژیک، سن و جنس اشاره کرد. در تحقیق حاضر در تعداد گلبول سفید، اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد دیده نشد اما تعداد گلبول سفید در تیمار تغذیه شده با سطوح مختلف دارچین در دو سطح کربوهیدرات بالاتر از تیمارهای فاقد دارچین بود. این نتیجه نشان دهنده افزایش تحریک سیستم ایمنی ماهی در ماهیان تغذیه شده با پودر دارچین است. به نظر می‌رسد اثر دارچین در افزایش تحریک و تقویت سیستم ایمنی ماهی به واسطه تحریک اندام تولید کننده گلبول سفید می‌باشد. ترکیبات زیست فعال موجود در دارچین شامل آالکالوئیدها، ترپنوئیدها، ساپونین‌ها و فلاونوئیدها، کربوهیدرات، ویتامین‌ها، کارتنوئیدها و مواد معدنی بواسطه فعال سازی سیستم ایمنی به طور مستقیم بر سلامت ماهی تاثیر می‌گذارند (۳۲).

در مطالعه حاضر سطح ۲۰ درصد کربوهیدرات اثرات بهتری بر پروفایل گلبول سفید نسبت به سطح ۳۰ درصد داشت. ماهی قزل‌آلا به عنوان یک گونه گوشتخوار قابلیت استفاده از سطوح بالا کربوهیدرات را ندارد.

در مطالعه Gumus و Ikiz (۲۰۰۹) گزارش شد که ۳۰ درصد کربوهیدرات در جیره غذایی ماهی قزل‌آلا سبب محدودیت در رشد شده است (۱۸). همچنین Gumus و Ikiz (۲۰۰۹) گزارش کردند که سطح مطلوب کربوهیدرات برای ماهی قزل‌آلا کمتر از ۳۰ درصد می‌باشد (۱۸). رابطه مستقیمی بین رشد، عملکرد تغذیه‌ای و فاکتورهای ایمنی وجود دارد بنابراین کاهش سطوح پروفایل گلبول سفید در ماهیان تغذیه شده با سطح بالاتر کربوهیدرات در مطالعه حاضر ممکن مربوط به کاهش هضم‌پذیری جیره و تاثیر آن بر فاکتورهای خونی باشد.

لیزوزیم یک پارامتر مهم دفاعی هم در مهره‌داران و هم در بی‌مهرگان می‌باشد. در مطالعه حاضر سطح فعالیت لیزوزیم در تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف دارچین بالاتر از تیمارهای شاهد در دو سطح کربوهیدرات بود و در سطح پایین‌تر کربوهیدرات فعالیت بالاتری نسبت به سطح بالاتر کربوهیدارت داشت. افزایش لیزوزیم سرم نقش دارچین در ارتقاء پاسخ ایمنی غیر اختصاصی در ماهی قزل‌آلا را تائید می‌نماید. دلیل احتمالی افزایش فعالیت لیزوزیم در تیمارهای حاوی دارچین در تحقیق حاضر این است که عمل تعدیل کنندگی دارچین به عنوان محرک ایمنی به ترکیب زیست فعال آن یعنی جینجرول مربوط است که فعالیت اینترکولین-۶ را القاء می‌کند.

در مطالعه حاضر سایر پارامترهای ایمنی شامل ایمنوگلوبولین کل و فعالیت مسیر جانبی سیستم کمپلمان بین تیمارهای حاوی سطوح مختلف دارچین در دو سطح کربوهیدارت با تیمار شاهد تفاوت معنی-داری نشان نداد ولی با این وجود، افزایش این شاخص‌ها در تیمارهای تغذیه شده با سطح دارچین در هر دو سطح کربوهیدرات مشاهده شد.

احتمال می‌رود ترکیبات موجود در دارچین بر میزان پروتئین‌های سرم ماهی تاثیر چندانی نداشته که مقدار فعالیت مسیر جانبی عامل مکمل تغییر نکرده است.

در مجموع دارچین تاثیر مثبتی را نشان داده و سبب افزایش پارامترهای ایمنی شده است اما میزان سطح مورد مطالعه تاثیری را بر نتایج فعالیت مسیر جانبی عامل مکمل و ایمنوگلوبولین نشان نداده است.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در محدوده وزنی مورد مطالعه قابلیت استفاده از سطح بالای کربوهیدرات (۳۰ درصد) را ندارند و این سطح از کربوهیدرات در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان سبب کاهش در سطح شاخص-های رشد و ایمنی در سطوح پایین دارچین (۰ و ۳ درصد) می‌گردد و سطح ۲۰ درصد در تمامی فاکتورهای ایمنی وضعیت مناسب‌تری داشت. اما سطح ۵ درصد دارچین در جیره با سطح کربوهیدرات بالا برای ماهی قابل هضم بوده و این سطح از کربوهیدرات به همراه ۵ درصد دارچین اثرات منفی بر شاخص‌های رشد و ایمنی نداشت بنابراین استفاده از سطوح مختلف دارچین در هر دو سطح کربوهیدرات سبب بهبود در شاخص‌های ایمنی و رشد در بچه ماهیان قزل‌آلای‌رنگین کمان می‌گردد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر در سالن سالن آبزی‌پروری شرکت داشن آبزیان مازند واقع در ساری انجام شد. از همکاران در این مرکز جهت همکاری و فراهم نمودن تسهیلات کمال سپاس و قدردانی را داریم.

منابع

1. Akrami R., Ahmadi Z., Chitsaz H., Shamlofar M., Habibi Nodeh F., Sadeghi Asl F., Zarrini N. 2018. Effect of feed supplemented with Ginger (*Zangiber Officinale*) extract on the growth, biochemical and hemato-immunological parameters of Rainbow Trout (*Oncrohynchus Mykiss*). *Journal of Veterinary Research*, 73: 155-163. (In Persian).

2. Abdel-Tawwab M., Samir F., Abd El-Naby A.S., Monier M.N., 2018. Antioxidative and immunostimulatory effect of dietary cinnamon nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) and its susceptibility to hypoxia stress and *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish & Shellfish Immunology*, 74: 19-25.

3. Ahmed M.H., El Mesallamy A.M., Samir F., Zahran F., 2011. Effect of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) on growth performance, feed utilization, whole-body composition, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia. *Journal of Applied Aquaculture*, 23: 289-298.

4. Alsoodeeri F.N., Alqabbani H.M., Aldossari N.M., 2020. Effects of Cinnamon (*Cinnamomum cassia*) Consumption on Serum Lipid Profiles in Albino Rats. *Journal of Lipids*, 2020: 8469830.

5. Asadi M., Abedian Kenari A., Esmaeili M., 2020. Restricted- protein feeding strategy decreased the protein consumption without impairing growth performance, flesh quality and non-specific immune parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 531: 735946.

6. Asghari M., Abedian Kenari A., Esmaeili M., Rombenso A., 2020. Effects of hydroalcoholic extract of honeybee pollen on growth performance, flesh quality, and immune and stress response response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 26: 1505-1519.

7. Bennick A., 2002. Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 13: 184-196.

8. Citarasu T., 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18: 403-414.

9. Cottrell J.J., Furness J.B., Wijesiriwardana U.A., Ringuet M., Liu F., DiGiacomo K., Leury B.J., Clarke I.J., Dunshea F.R., 2020. The Effect of Heat Stress on Respiratory Alkalosis and Insulin Sensitivity in Cinnamon Supplemented Pigs. *Animals*, 10: 690-698.

Mini-review. *European Journal of Medicinal Plants*, 31: 10-16.

18. Gumus E., Ikiz R., 2009. Effect of dietary levels of lipid and carbohydrate on growth performance, chemical contents and digestibility in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbum, 1972. *Pakistan Veterinary Journal*, 29: 59-63.

19. He Z.D., Qiao C.F., Han Q.B., Cheng, C.L., Xu H.X., Jiang R.W., But P.P.H., Shaw P.C., 2005. Authentication and quantitative analysis on the chemical profile of cassia bark (*Cortex cinnamomi*) by high-pressure liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2424-2428.

20. Khan A., Safdar M., Khan M.M.A., Khattak K.N., Anderson R.A., 2003. Cinnamon improves glucose and lipids of people with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 26: 3215-3218.

21. Kumari J., Sahoo P.K., Swain T., Sahoo S.K., Sahu B., Mohanty B.R., 2006. Seasonal variation in the innate immune parameters of the Asia catfish *Clarias batrachus*. *Aquaculture*, 252: 121-127.

22. Mohamed A.B., Huseen F., Jawad O., 2012. Effect of cinnamon (*Cinnamomum zylenicum*) supplementation on the intestinal selected bacterial population in Japanese quail. *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, 1: 276-278.

23. Mohammadzadeh S., Noverian A.H., Ouraji H., Falahatkar B., 2017. Growth, body composition and digestive enzyme responses of Caspian Kutum, *Rutilus frisii kutum* (Kamenskii, 1901), juveniles fed different levels of carbohydrates. Applied Ichthyology, 2017: 1-8.

24. Ogawa K., Honda M., Tanigawa A., Hatase A., Ito A., Higa Y., Morinaga O., 2020. Appetite-enhancing effects of inhaling cinnamon, clove, and fennel essential oils containing phenylpropanoid analogues. *Journal of natural medicines*, 74 (4): 710-721.

10. El-Hack A., Mohamed E., Alagawany M., Abdel-Moneim A.M.E., Mohammed N.G., Khafaga A.F., Elnesr S.S., 2020. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) oil as a potential alternative to antibiotics in poultry. *Antibiotics*, 9(5): 210.

11. Ellis A.E., 1977. The leucocytes of fish: a review. *Journal of Fish Biology*, 11: 453-491.

12. Elumalai P., Kurian A., Lakshmi S., Faggio, C., Esteban M. A., Ringo E., 2020. Herbal immunomodulators in aquaculture. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 1-25.

13. Esmaeili M., Abedian Kenari A., Rombenso A., 2017. Effects of fish meal replacement with meat and bone meal using garlic (*Allium sativum*) powder on growth, feeding, digestive enzymes and apparent digestibility of nutrients and fatty acids in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Aquaculture Nutrition*, 23: 1225-1234.

14. Esmaeili M., Abedian Kenari A., Rombenso A., 2017. Immunohematological status under acute ammonia stress of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fed garlic (*Allium sativum*) powder-supplemented meat and bone meal-based feeds. *Comparative Clinical Pathology*, 26: 853-866.

15. FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2020, Sustainability in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

16. Ghosi Mobaraki M. R., Abedian Kenari A., Bahrami Gorji S., Esmaeili M., 2020. Effect of dietary fish and vegetable oil on the growth performance, body composition, fatty acids profile, reproductive performance and larval resistance in pearl gourami (*Trichogaster leeri*). *Aquaculture Nutrition*, 26: 894-907.

17. Goel B., Mishra, S., 2020. Medicinal and Nutritional Perspective of Cinnamon: A

25. Pandey D.K., Chaudhary R., Dey A., Nandy S., Banik R., Malik T., Dwivedi P., 2020. Current Knowledge of Cinnamomum Species: A review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies. *In Bioactive Natural Products in Drug Discovery*, 3: 127-164.

26. Ramezanzadeh S., Abedian Kenari A., Esmaeili M., Rombenso, A., 2020. Effects of different forms of barberry root (*Berberis vulgaris*) on growth performance, muscle fatty acids profile, whole-body composition, and digestive enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society*. 52.2: 284-302.

27. Rao P. V., Gan S. H., 2014. Cinnamon: a multifaceted medicinal plant. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014: 642942.

28. Rattanachaikunsopon P., Phumkhachorn., 2010. Potential of cinnamon (*Cinnamomum verum*) oil to control Streptococcus iniae infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fisheries Science*, 26: 280-287.

29. Saeed M., Kamboh A., Syed S., Babazadeh D., Suheryani I., Shah Q., Umar M., Kakar I., NaveedM., Abd El-Hack M., 2018. Phytochemistry and beneficial impacts of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) as a dietary supplement in poultry diets. *World's Poultry Science Journal*, 74: 331-346.

30. Santos H. O., da Silva G. A., 2018. To what extent does cinnamon administration improve the glycemic and lipid profiles? *Clinical Nutrition ESPEN*, 27:1-9.

31. Setiawati M., Jusadi D., Laheng S., Suorayudi M.A., Vinasyiam A., 2014. The enhancement of growth performance and feed efficiency of Asian catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* fed on *Cinnamomum burmannii* leaf powder and extract as nutritional supplementation. *Aquaculture, aquarium conservation and legislation*, 9: 1301-1309.

32. Shirin P.R., Prakash J., 2010. Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plant Research*, 4: 2674-2679

33. Sierra-Puente D., Abadi-Alfie S., Arakanchi-Altaled K., Bogard-Brondo M., García-Lascurain M., Gutiérrez-Salmean, G., 2020. Cinammon (Cinnamomum Spp.) and Type 2 Diabetes Mellitus. *Current topics in nutraceutical research*, 18: 247-255.

34. Toghyani M., Toghyani M., Gheisari A., Ghalamkari G., Eghbalsaied S., 2011. Evaluation of cinnamon and garlic as antibiotic growth promoter substitutions on performance, immune responses, serum biochemical and haematological parameters in broiler chicks. *Livestock Science*, 138: 167-173.

35. Van Wyk, B.E., Wink M., 2018. Medicinal plants of the world. CABI.

36. Zhou Y., Jiang W.D., Zhang J.X., Feng L., Wu P., Liu Y., Jiang J., Kuang, S. Y., Tang L., Peng Y., 2020. Cinnamaldehyde improves the growth performance and digestion and absorption capacity in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 46: 1589-1601

The Effects of Different Levels of Cinnamon and Carbohydrates on Growth Performance and Immune Factors in Rainbow Trout *(Oncorhynchus Mykiss)*

Mitra Ravardshiri, Somayeh Bahram*, Seyed Rouhollah Javadian, Masoumeh BahreKazemi

Department of Fisheries, Islamic Azad University, Ghaemshahr Branch, Ghaemshahr, Iran

Abstract

In the present study, the effect of cinnamon (*Cinnamomum verum*) on growth performance and some immune factors of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) was investigated at two levels in high- and low-carbohydrate diets. A total of 360 rainbow trout with an average initial weight of 16.12 ± 1.33 g (mean ± SD) were fed by six diets including Diet1 (low carbohydrate level; 20 % carbohydrate), Diet2 (low carbohydrate level and 3 % cinnamon), Diet3 (low carbohydrate level and 5 % cinnamon), Diet4 (high carbohydrate level; 30 % carbohydrate), Diet5 (high carbohydrate level and 3 % cinnamon), and Diet6 (high carbohydrate level and 5 % cinnamon) for 56 days. The results revealed that the effect of diet containing carbohydrates and cinnamon on the final weight and weight gain was significant and the highest final weight and weight gain were observed in diet 2 (low carbohydrates and 3% cinnamon) and Diet 3 (low carbohydrates and 5% cinnamon) with no significant difference with Diet 6 (high carbohydrate and 5% cinnamon). The results of hematopoietic indices related to white blood cells and their differential count in rainbow trout showed no significant difference between the treatments in the number of white blood cells, monocytes, basophils, neutrophils, and eosinophils. However, the lymphocyte level was affected by experimental treatments and the highest level was observed in fish fed by Diet 3. There was no significant difference in lysozyme activity, immunoglobulin, and the complement system. According to the results related to growth performance and some immune indicators, fish fed by Diets 2 and 3 had better performance than other treatments.

Keywords: Cinnamon, Carbohydrates, Rainbow Trout, Immune Response