مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۱ شماره ۱، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۹۱ تا ۱۰۵

مقایسه اثرات سطوح منابع روی بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه، شاخص‌های خونی و ایمنی-بیوشیمیایی سرم بچه فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso* Linnaeus, 1758)

محمود محسنی[1*]، مریم آفتابگرد[2]، محمد حسن زاده صابر[1] و کادوسا مؤذن زاده[3]

۱- انیستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران.

۳- گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکـــیده

هدف این پژوهش، مقایسه اثرات سطوح منابع روی برکیفیت رشد و لاشه و برخی شاخص‌های خونی و سرم‌شناسی بچه فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso* Linnaeus, 1758) بود. تعداد ۳۱۵ عدد بچه فیل‌ماهی (۰/۲۹ ± ۸/۴ گرم) در ۲۱ مخزن فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (۱۵ عدد ماهی در هر مخزن) با هفت جیره آزمایشی شامل یک جیره شاهد و شش جیره غذایی حاوی روی (میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) به دو فرم معدنی (تیمارهای$ZnSul_{15}$، $ZnSul_{30}$، $ZnSul_{60}$) و ارگانیک (تیمارهای$ZnMet_{15}$، $ZnMet_{30}$، $ZnMet_{60}$) با ۳ تکرار درهرتیمار به مدت ۱۲ هفته تغذیه شدند. بهترین مقادیر وزن نهایی و ضریب تبدیل غذایی درتیمارهای $ZnMet_{15}$ و $ZnMet_{60}$ مشاهده گردید. گلبولهای قرمز خون، هموگلوبین و هماتوکریت تحت تأثیر افزایش مکمل روی روند افزایشی نشان‌دادند. افزایش پروتئین لاشه در تیمار $ZnMet_{30}$ نسبت به تیمارهای شاهد، $ZnSul_{15}$ و $ZnSul_{60}$ معنی‌دار بود ($P\leq0.05$). کاهش چربی لاشه در تیمارهای $ZnSul_{30}$ و $ZnSul_{60}$ نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود ($P\leq0.05$). کلسترول و تری‌گلیسیرید سرم درتیمارهای ZnMet نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری یافت ($P\leq0.05$). کاهش گلوکز سرم در تیمارهای$ZnMet_{15}$ و $ZnMet_{60}$ و نیز افزایش لیزوزیم سرم در تیمارهای $ZnMet_{30}$ و $ZnMet_{60}$ نسبت به تیمارشاهد معنی‌دار بود ($P\leq0.05$). نتایج نشان دادکه اغلب شاخص‌ها درتیمارهای ZnMet نسبت به سایرتیمارها عملکردبهتری داشتندو به عنوان جیره بهینه برای بچه فیل‌ماهی پرورشی پیشنهاد می‌گردند.

کـــلید واژه‌ها: روی معدنی، روی ارگانیک، شاخص‌های خونی، سرم‌شناسی، فیل‌ماهی

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۰

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵

***نویسنده مسول:**
mahmoudmohseni73@gmail.com

مقدمه

روی (Zn) یک عنصر ضروری کم‌مقدار است که در رشد، تولیدمثل، متابولیسم پروتئین، فعالیت متالوآنزیم‌های موثر در سنتز یا تجزیه چربی‌ها، تولیدانرژی، تنظیم ژن و سنتزاسیدهای نوکلئیک، حفظ سلامت غشاء سلول و استخوان‌ها و عملکرد ایمنی درماهی نقش دارد [۱-۳]. روی سبب افزایش ساخت متالوتیونین (پروتئین سر شار از سیستئین که به‌عنوان پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد عمل می‌نماید) می شود [۴]؛ بطوریکه همراه سایرمواد معدنی مانند منیزیوم، مس، سلنیوم و سایر متالوآنزیم‌ها از تخریب اکسیداتیو رادیکال‌های آزاد در بافت‌ها جلوگیری نموده و تأثیرچشمگیر در پاسخ آنتی‌اکسیدانی درماهی دارد [۵-۶].

عنصرروی براساس مقدار و ساختارشیمیایی می‌تواند به‌عنوان ماده مغذی، آنتی‌اکسیدانی و یا ماده سمی عمل‌نماید [۲]. استفاده بیش‌از حدنیاز روی می‌تواندبرای ماهی سمی باشد، زیرا سبب ایجاد اختلال درسیستم انتقال و جذب شده و وضعیت تغذیه‌ای سایر عناصرمانند آهن، مس‌وکادمیوم راتحت‌تأثیر قرارداده و منجربه کاهش رشدوکارایی تغذیه می‌گردد [۲،۷]. میزان نیازروزانه به‌روی درماهی برحسب سن، مرحله‌رشد، فصل وچرخه-تولیدمثل متفاوت‌است [۸]. اگرچه ماهی می‌تواندروی راازآب جذب‌نماید، غلظت‌روی دراغلب محیط‌های آبی کافی نیست [۹]. نیازتغذیه‌ای به‌روی

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

دربسیاری ازگونه‌های ماهیان آب‌شیرین ۸۰- ۱۵ میلی‌گرم درکیلوگرم جیره گزارش شده‌است [۱]. هرچنداطلاعات بسیارکمی درزمینه نیازتغذیه‌ای به‌روی درتاسماهیان موجوداست؛ بطوریکه بااستنادبه یک مطالعه اخیراً انجام‌شده توسط Moazenzadeh و همکاران (2017) [۱۰]، سطح ۲۹/۱۵ میلی‌گرم درکیلوگرم ازفرم‌معدنی روی (سولفات‌روی) سبب حداکثر میزان رشد درتاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) می‌گردد.

عناصرکلات‌شده به‌عنوان مکمل‌های غذایی جانوری به‌علت زیست‌فراهمی بیشتر در مقایسه با نمک‌های معدنی، توجه بسیاری از کارخانجات تولید غذا ودامداران رابه‌عنوان ابزاری جهت بهبود عملکرد جانوران به‌خود معطوف نموده‌اند [۱۱]. دربرخی مطالعات، اثرات غذایی مفید عناصرکلات‌شده برعملکردرشد و ایمنی درماهیان [۱۴-۱۱]، میگو [۲] و یا صدف ابالون (abalone) [۱۵] گزارش شده است. بطور معمول فرم معدنی روی (اکسیدروی و سولفات‌روی) درفرمولاسیون جیره آبزیان مورداستفاده قرارگرفته‌است [۱۶]. منابع روی ارگانیک، کلات‌شده یاکمپکس‌شده بایک پروتئین یا اسیدآمینه، به‌علت جذب بالاتر به‌عنوان یک منبع جایگزین منابع معدنی روی معرفی شده است [۱۸-۱۷]. بطورمعمول، روی ارگانیک دردستگاه گوارش پایدار بوده و به‌علت پیوند با مولکول‌های ارگانیک یا اسیدآمینه گرایش کمی به فعل و انفعالات باترکیبات آنتاگونیست دارد، هرچند هزینه بالاتر منابع روی ارگانیک منجربه محدودیت استفاده از این منابع درجیره غذایی جانوران درمقایسه با منابع روی معدنی می‌گردد [۱۹]. از آنجایی‌که جذب مواد معدنی نظیر روی عمدتاً در روده اتفاق می افتد، نگرانی در مورد پایداری ترکیبات ارگانیک (کلات) تا رسیدن به روده وجود دارد [۲۰]. بر اساس نظریه Silva و همکاران (2019) [۲۱]، ترشحات دستگاه گوارش ممکن است حاوی مولکول‌هایی باشند که می‌توانند به عنوان لیگاند عمل کنند. بنابراین، اگر هر یک از این لیگاندها ثابت‌های پایداری بالاتری داشته باشند، می‌توانند یون فلز نظیر روی را از کلات اسیدآمینه خارج نمایند. در این راستا دما، غلظت و pH دستگاه گوارش نیز بر ثابت‌های پایداری و در نهایت میل ترکیبی فلز روی با لیگاند و جذب بهتر آن در روده تأثیر می‌گذارند [۲۲-۲۱]. فرم‌های معمول روی ارگانیک (کلات‌شده با اسیدآمینه) عبارتنداز روی-لیزین (Zn-lysine)، روی- گلیسین (Zn-glycine) و روی- متیونین (Zn-methionine یا Zn-Met)، که اخیراً روی- متیونین (Zn-Met) به‌عنوان بهترین منبع غذایی روی جهت بهبود رشد و ایمنی درچندین گونه از ماهیان معرفی شده است [۲۳].

به‌دلیل ارزش بسیاربالای گوشت و خاویار وکاهش ذخایرتاسماهیان درزیستگاه‌های طبیعی، تکثیر و پرورش تاسماهیان به‌ویژه گونه‌های فیل‌ماهی، تاسماهی سیبری و شیپ ازسال‌ها پیش موردتوجه بسیاری ازکشورهای جهان قرارگرفته است. فیل‌ماهی (*Huso huso* Linnaeus, 1758) یکی ازمهمترین تاسماهیان بومی ایران باارزش تجاری بالاجهت پرورش درآب شیرین و لب‌شور است [۲۴]. کاهش تلفات بچه‌ماهیان، بالابردن سرعت رشد وتولیدبیشتر درواحدسطح یکی‌از اهداف تولیدکنندگان برای رسیدن به صرفه اقتصادی است. بنابراین ارائه یک جیره غذایی مناسب وتعادل ریزمغذی‌های آن درافزایش بازده تولید نقش اساسی دارد. تأمین‌غذا و تکنولوژی تولید آن به‌ویژه در دوره لاروی و بچه‌ماهی از مهمترین عوامل محدودکننده توسعه پرورش تاسماهیان است. به‌منظور افزایش بازده تولید وفراهم‌آوردن سوددهی بیشتر، ارزیابی اقتصادی تغذیه وتعیین نیازهای‌غذایی ماهیان بسیارضروری خواهدبود. در این‌راستا، مطالعه حاضر باهدف مقایسه اثرات سطوح متفاوت روی شامل روی‌معدنی (سولفات‌روی) و روی‌ارگانیک (روی‌کلات‌شده بااسیدآمینه متیونین) برشاخص‌های رشد، ترکیب لاشه، برخی شاخص‌های خونی و ایمنی- بیوشیمیایی سرم بچه فیل‌ماهی پرورشی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

جیره‌های غذایی و نحوه تهیه آن

به‌منظور تهیه جیره‌های غذایی، ابتدا ترکیبات غذایی موردنیاز جهت آنالیز به آزمایشگاه (آزمایشگاه آنالیز غذایی دانشگاه پوک یانگ بوسان، کره‌جنوبی) منتقل گردید تا براساس اطلاعات صحیح از ترکیب مواداولیه نسبت به تنظیم جیره‌ها اقدام گردد. در ترکیب جیره‌ها، از پودرماهی کیلکا عمل‌آوری‌شده دردمای پایین (به‌عنوان طعم‌دهنده غذا و منبع پروتئینی) به‌میزان ۶ درصد ، کازئین و ژلاتین عاری از ویتامین (Sigma

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO ، نشاسته ذرت Chemical Co., St. Louis, MO) به‌عنوان منبع پروتئین، روغن سویا و روغن ماهی کیلکا (غذای ماهی خزر، ایران) به‌نسبت مساوی به‌عنوان منبع چربی و دکسترین (Cleveland – Ohio 44122، آمریکا) به‌عنوان منبع کربوهیدرات ا ستفاده گردید. هفت جیره آزمایشی ایزوکالریک (۱۳/۵٪چربی خام) و با پروتئین خام یکسان (۴۳ در صد پروتئین) با سطوح انرژی ۲۰ مگاژول انرژی خام در هرکیلوگرم جیره تو صیه شده تو سط Mohseni و همکاران (2011, 2014) [۲۵-۲۴] فرموله شدند. شش جیره غذایی با سطوح منابع روی (zinc) شامل سه سطح ۱۵، ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره از مکمل‌های روی به فرم معدنی (سولفات‌روی) (zinc sulfate) یا به فرم ارگانیک (روی‌کلات‌شده با اسیدآمینه متیونین) (zinc chelate یا zinc- methionine) تهیه و نتایج با جیره شاهد (عاری از مکمل روی) مقایسه شدند.

موادخشک قبل از ترکیب با موادمرطوب باا ستفاده ازآ سیاب (شرکت دامیکور، تهران) به‌قطر ۲۰۰ میکرون شکسته شدند. مواد ریزمغذی ازقبیل ویتامین‌ها، موادمعدنی و ال-کارنتین با پودرگندم به‌مدت ۱۵ دقیقه بااستفاده ازدستگاه هم‌زن دوزبانه (ری‌بونی، شرکت گرماالکتریک، آمل)، کاملاً بایکدیگرمخلوط شدند. سپس دوباره مخلوط حاصل به‌سایر ترکیبات اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه دیگر با هم‌زن مخلوط شدند. اجزای خشک غذا پس ازمخلوط کامل بایکدیگر با روغن مخلوط و سپس آب ولرم به‌آن اضافه گردید تایک خمیرسفت تشکیل شود. پس‌از اطمینان از مخلوط شدن تمامی ترکیبات بصورت همگن و یکنواخت، محصول نهایی باا ستفاده از یک چرخ د ستگاه پلت‌زن (مدل CL series، شرکت CPM، آمریکا) باتوجه به اندازه دهان ماهی به‌قطر ۴ میلی‌متر پلت شدند. سپس پلت‌ها باا ستفاده از خشک‌کن دردمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۸ ساعت تارطوبت تقریبی ۱۰ درصد خشک، شماره‌گذاری و درمحفظه‌های عاری‌از هوا بسته‌بندی و تازمان‌مصرف دردمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری‌شدند. یک ساعت قبل ازمصرف و توزیع غذا، جیره‌ها ازفریزر خارج و پس از متعادل‌شدن بادمای اتاق، بااستفاده از ترازوی دیجیتال توزین و دراختیارماهیان قرارگرفتند [۲۴].

تهیه ماهیان و نحوه پرورش

درابتدا بچه فیل‌ماهیان به‌مدت ۴ هفته درمخازن فایبرگلاس به شرایط جدید پرورشی سازگارگردیدند. در طول‌دوره سازگاری، بچه فیل‌ماهیان باغذای تجاری تغذیه شدند. سپس تعداد ۳۱۵ عدد بچه فیل‌ماهی با وزن‌متوسط ۰/۲۹ ± ۸/۴ گرم (سازگارشده باغذای کنسانتره)، بطورتصادفی در ۲۱ مخزن فایبرگلاس (قطر ۱۰۵ سانتیمتر، ۵۱ سانتیمتر ارتفاع و حجم آب ۵۰۰ لیتر) درفضای سرپوشیده مجهز به سیستم هوادهی، تخلیه آب مرکزی و شیرهای تنظیم آب بادبی آب ۴/۷۵ لیتردردقیقه درمؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای‌خزر درقالب یک طرح آماری کاملاًتصادفی متعادل ذخیره و باجیره‌های آزمایشی به‌مدت ۱۲ هفته تغذیه شدند. دوره نوری به‌صورت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی تنظیم گردید. ماهیان ۳ بار درروز و درساعات ۸، ۱۶ و ۲۴ تا حد سیری و به‌صورت دستی غذادهی شدند.

بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در طول دوره پرورش در تیمارهای مطالعه حاضر روند نسبتا ثابتی را برای هر یک از شاخص‌ها نشان داد. بطوریکه میزان درجه حرارت آب در محدوده ۱۷-۱۹ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول فراتر از ۷/۹ میلی‌گرم در لیتر،pH در حدود ۸- ۷/۵ و آمونیاک کل در محدوده ۰/۰۴ ± ۰/۱۹ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد.

به‌منظور کاهش استرس، ۱۲ ساعت قبل و بعداز زیست‌سنجی، غذادهی ماهیان قطع گردید. برای نمونه‌برداری و زیست‌سنجی، ماهیان با محلول پودرگل‌میخک (۲۰۰ppm) بیهوش شدند [۲۵].

تعیین شاخص‌های رشد

بااستفاده از اطلاعات وزن ماهیان در هر مخزن، فاکتورهای محاسباتی شامل متوسط وزن نهایی و ضریب تبدیل غذایی (FCR) محاسبه شد.

افزایش وزن بدن به گرم / وزن خوراک مصرفی به گرم= ضریب تبدیل غذایی (FCR)

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

آنالیز اجزا، جیره غذایی و ترکیب بدن

آنالیز تقریبی ترکیبات، مواداولیه و جیره‌های آزمایشی براساس روش‌های استانداردجیره انجام شد [۲۶]. پس از ۱۲ ساعت قطع غذادهی به‌منظور اطمینان ازتخلیه محتویات شکمی ماهیان، درپایان دوره پرورش ازهرتکرار ۲ عددماهی به‌طورتصادفی برداشت شد و پس‌از خارج‌کردن امعا واحشا، جهت آنالیزلاشه به آزمایشگاه ارسال گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت، نمونه‌ها دردمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۲۴ ساعت تارسیدن به یک وزن ثابت، خشک شدند. میزان پروتئین با برآورد نیتروژن کل (N×۶/۲۵) ازروش‌کجلدال، چربی باروش سوکسله و بااستفاده ازحلال کلروفروم با نقطه جوش ۵۵ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۵ ساعت و خاکستر باسوزاندن درکوره الکتریکی بادمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۹ ساعت اندازه‌گیری شدند.

به‌منظور تعیین مقدارعنصر روی در جیره غذایی یک گرم از هر جیره غذایی درآون در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند، سپس بااستفاده از ۱۵ میلی‌لیتراسید (نسبت ۱ به ۳ از اسیدنیتریک ۶۵ درصد و اسیدهیدروکلریک ۳۷ درصد)، نمونه‌ها هضم و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل AA220FS، شرکت واریان، آمریکا) قرائت و برحسب میلی‌گرم درکیلوگرم وزن خشک غذا محاسبه شد (جدول ۱). جیره‌ها به اختصار: جیره شاهد، $ZnSul_{15}$، $ZnSul_{30}$، $ZnSul_{60}$ (فرم روی معدنی) و $ZnMet_{15}$، $ZnMet_{30}$، $ZnMet_{60}$ (فرم روی ارگانیک) نامگذاری شدند. غلظت روی درآب مخازن پرورشی به‌طور منظم با عبور از فیلتر با منافذ ۰/۲۲ با استفاده از جذب اتمی بین ۰/۰۰۶۵ تا ۰/۰۲۰۳ میکروگرم روی در لیتر (µg Zn/L) اندازه‌گیری گردید.

خونگیری و تهیه سرم از بچه فیل‌ماهیان پرورشی

جهت سنجش برخی شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی- ایمنی سرم، ۳ قطعه ماهی از هرتکرار برداشت گردید و به‌مدت ۱۰ دقیقه ماهی‌ها درمحلول پودرگل‌میخک (۲۰۰ ppm) قرارگرفتند و پس از بیهوشی کامل، خونگیری ازساقه دمی توسط سرنگ‌های استریل ۲ میلی‌لیتری انجام شد. جهت تهیه سرم، نمونه‌ها پس از ۶ ساعت نگهداری در دمای ۴ درجهٔ سانتی گراد و لخته‌شدن کامل، با سرعت ۳۰۰۰ دور دردقیقه در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس نمونه سرم خون هرتکرار بوسیله سمپلر برداشته شد و پس‌از انتقال به لوله‌های میکروتیوب، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تازمان سنجش پارامترهای سرمی نگهداری گردید.

سنجش شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم ماهی

تعدادگلبولهای قرمزخون (RBC; red blood cell)، تعدادگلبول‌های سفیدخون (WBC; white blood cell) ، پس از رقیق‌سازی خون با محلول رقیق‌کننده Natt-Herrick به ترتیب به نسبت ۲۰۰ و ۵۰ برابر با استفاده از لام هموسیتومتر و به‌روش دستی شمارش گردید [۲۷]. مقدارهموگلوبین (Hb; hemoglobin) به‌روش استاندارد بااستفاده ازکیت سنجش هموگلوبین (شرکت زیست شیمی، ایران) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۴۶ نانومتر و مقدارهماتوکریت (PCV; hematocrit) بااستفاده ازلوله‌های میکروهماتوکریت و سانتریفیوژ نمونه به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور دردقیقه بااستفاده از سانتریفیوژ میکروهماتوکریت صورت پذیرفت. مقادیر شاخص‌های بیوشیمیایی سرم شامل آلبومین، پروتئین‌کل، گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسیرید بوسیله دستگاه سنجش‌گر خودکار (مدل Hitachi 912، شرکت هیتاچی، ژاپن) و کیت‌های ضمیمه‌ای (شرکت پارس آزمون، ایران) موردارزیابی قرارگرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های ایمنی سرم

سنجش مقادیر ایمونوگلوبولین‌کل سرم بوسیله دستگاه نفلومتری Minineph (Binding site- انگلستان) و با استفاده از کیت آزمایشگاهی Binding site به‌روش نفلومتری [۲۸] و لیزوزیم سرم، با استفاده از فعالیت باکتریایی و به‌روش کدورت‌سنجی بوسیله فعالیت باکتری ATCC) *Micrococcus lysodeikticus* 4698) انجام گردید [۲۹].

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

تجزیه و تحلیل داده ها

ابتدانرمال بودن کلیه داده‌های کسب شده بااستفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس‌ها باآزمون Levene کنترل شد. سپس داده‌ها بااستفاده‌از آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) مورد سنجش قرارگرفت. زمانی‌که اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، برای بررسی اختلاف آماری فاکتورهای محاسبه شده، مقایسه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون چنددامنه دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P\leq0.05$) انجام شد. کلیه تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS (version 24, Chicago, IL, USA) صورت‌گرفت. داده‌ها در متن به‌صورت (انحراف معیار ± میانگین) ارائه شده‌اند.

جدول ۱- اجزای غذایی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی محتوی سطوح منابع روی (Zinc) (گرم درکیلوگرم جیره)

ترکیب غذایی	شاهد	$ZnSul_{15}$	$ZnSul_{30}$	$ZnSul_{60}$	$ZnMet_{15}$	$ZnMet_{30}$	$ZnMet_{60}$
کازئین	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰
ژلاتین	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
آرد ماهی	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴	۶۴
دکسترین	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶	۷۶
آرد گندم	۱۲۴	۱۱۴	۱۱۴	۹۰	۱۱۴	۱۱۴	۹۰
نشاسته ذرت	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
روغن جانوری	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
روغن گیاهی (سویا)	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
مکمل ویتامینی	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
مکمل معدنی (فاقد روی)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
سلولز[1]	۶۰	۴۱	۲۶	۲۰	۴۱	۲۶	۲۰
روی (میلی‌گرم درکیلوگرم)	۰	۱۵	۳۰	۶۰	۱۵	۳۰	۶۰
جمع کل	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
آنالیز تقریبی جیره های آزمایشی (گرم درکیلوگرم جیره)							
	شاهد	$ZnSul_{15}$	$ZnSul_{30}$	$ZnSul_{60}$	$ZnMet_{15}$	$ZnMet_{30}$	$ZnMet_{60}$
رطوبت	۹۲	۹۱	۹۵	۹۳	۹۴	۹۱	۹۴
پروتئین خام	۴۳۷	۴۳۹	۴۳۴	۴۳۵	۴۳۶	۴۳۸	۴۳۶
چربی خام	۱۳۹	۱۴۱	۱۳۵	۱۳۴	۱۳۳	۱۳۸	۱۳۵
کربوهیدرات خام	۱۲۲	۱۱۷	۱۱۹	۱۲۳	۱۱۹	۱۲۱	۱۱۸
خاکستر	۶۴/۳	۶۴/۵	۶۴/۴	۶۴/۴	۶۳/۹	۶۵/۵	۶۴/۵
فیبر	۲۸/۴	۲۷/۷	۲۸/۱	۲۸/۲	۲۸/۲	۲۷/۸	۲۸/۳
میزان روی اندازه‌گیری شده (میلی‌گرم درکیلوگرم)	۱۳/۲	۳۱/۸	۴۷/۳	۷۱/۵	۲۷/۹	۴۶/۹	۷۳/۷

[1] سلولز خالص به‌عنوان پرکننده (Filler)

مکمل ویتامینی(برحسب IU یا میلی‌گرم درکیلوگرم):

د- ال- آلفاتوکوفرول استات۶۰IU . یو.د- ال-کولکلسیفرول ۳۰۰۰ IU . تیامین ۱۵ میلی‌گرم درکیلوگرم ، ریبوفلاوین ۳۰ میلی‌گرم درکیلوگرم، پیرودوکسین ۱۵ میلی‌گرم درکیلوگرم، ویتامین B12 ۰/۰۵ میلی‌گرم درکیلوگرم، نیکوتینیک اسید ۱۷۵ میلی‌گرم درکیلوگرم، اسیدفولیک ۵ میلی‌گرم درکیلوگرم، اسیداسکوربیک ۵۰۰ میلی‌گرم درکیلوگرم، اینوسیتول ۱۰۰۰ میلی‌گرم درکیلوگرم، بیوتین ۲/۵ میلی‌گرم درکیلوگرم، کلسیم پنتوتنات۵۰ میلی‌گرم درکیلوگرم.

مکمل معدنی (برحسب میلی‌گرم یا گرم درکیلوگرم):

کربنات‌کلسیم ۴۰ درصد ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم، اکسیدمنیزیوم ۱/۲۴ گرم درکیلوگرم، سیترات فریک ۰/۲ گرم درکیلوگرم، یدیدپتاسیم ۰/۴ میلی‌گرم درکیلوگرم، سولفات‌مس ۰/۳ گرم درکیلوگرم، سولفات‌منگنز ۰/۳ گرم درکیلوگرم، کلسیم‌فسفات دوظرفیتی ۵ گرم در کیلوگرم، سولفات‌کبالت ۲ میلی‌گرم درکیلوگرم، سلنیت سدیم ۳ میلی‌گرم درکیلوگرم، کلریدپتاسیم ۰/۹ گرم درکیلوگرم، کلریدسدیم ۰/۴ گرم درکیلوگرم.

نتایج

شاخص‌های رشد

تأثیرسطوح منابع مختلف روی در پایان ۱۲ هفته پرورش بر شاخص‌های وزن نهایی و ضریب تبدیل غذایی ماهی درجدول ۲ آورده شده است. وزن نهایی بدن (گرم) در تیمارهای $ZnMet_{15}$ و $ZnMet_{60}$ بطور معنی‌داری ($P\leq0.05$) نسبت‌به تیمارهای شاهد، $ZnSul_{15}$ و $ZnSul_{60}$

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

بیشتر بود. همچنین، مقادیر وزن نهایی درتیمارهای $ZnSul_{30}$، $ZnMet_{15}$، $ZnMet_{30}$ و $ZnMet_{60}$ هیچگونه تفاوت معنی‌داری را به‌لحاظ آماری نشان ندادند ($P\geq0.05$). ضریب تبدیل غذایی درتیمار $ZnSul_{60}$ به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.05$) نسبت‌به تیمارهای $ZnMet_{15}$ و $ZnMet_{60}$ بیشتر بود.

جدول ۲) مقادیر (انحراف معیار± میانگین) شاخص‌های رشد تیمارها در پایان هفته دوازدهم پرورش

تیمارها	شاخص‌ها		
	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی
شاهد	۸/۴±۰/۲۳	۱۲۳/۶±۷/۱۹^{c}	۱/۵۶±۰/۱۳^{ab}
$ZnSul_{15}$	۸/۶±۰/۱۷	۱۲۹/۵±۸/۴۹^{bc}	۱/۵۷±۰/۱۱^{ab}
$ZnSul_{30}$	۸/۲±۰/۳۱	۱۴۱/۴±۶/۰۸^{ab}	۱/۴۹±۰/۰۹^{abc}
$ZnSul_{60}$	۸/۴±۰/۱۷	۱۲۸/۹±۹/۸۳^{bc}	۱/۶۳±۰/۰۷^{a}
$ZnMet_{15}$	۸/۳±۰/۱۶	۱۴۶/۶±۶/۳۲^{a}	۱/۴۱±۰/۰۶^{bc}
$ZnMet_{30}$	۸/۴±۰/۰۹	۱۴۳/۲±۱۱/۲^{ab}	۱/۴۷±۰/۱۳^{abc}
$ZnMet_{60}$	۸/۴±۰/۱۷	۱۴۷/۵±۴/۶۹^{a}	۱/۳۲±۰/۰۴^{c}

حروف متفاوت درهرستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($P\leq0.05$).

ترکیب بدن

درجدول ۳ نتایج مربوط به اثر سطوح منابع روی برترکیب بدن ماهیان نشان داده شده است. بیشترین میزان پروتئین لاشه متعلق به تیمار $ZnMet_{30}$ بودکه نسبت به پروتئین لاشه تیمارهای شاهد، $ZnSul_{15}$ و $ZnSul_{60}$ دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($P\leq0.05$). مقادیرچربی لاشه درتیمارهای $ZnSul_{30}$ و $ZnSul_{60}$ کاهش معنی‌داری ($P\leq0.05$) را نسبت‌به تیمارشاهد نشان دادند. مقادیرچربی لاشه سایرتیمارها درمقایسه باتیمارشاهد بطورمعنی‌داری تحت‌تأثیر قرار نگرفت ($P\geq0.05$). هیچگونه اختلاف معنی‌دارآماری درمیزان خاکسترلاشه بین ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی مقادیر و منابع مختلف روی غذایی مشاهده نشد ($P\geq0.05$). درحالیکه میزان خاکسترلاشه در تیمارهای $ZnMet_{30}$ و $ZnMet_{60}$ نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری ($P\leq0.05$) را نشان داد. مقادیررطوبت لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی $ZnMet_{30}$ بطورمعنی‌داری ($P\leq0.05$) در مقایسه با تیمار شاهد و سایر تیمارهای روی غذایی کمتر بود. درعین‌حال هیچگونه اختلاف معنی‌دارآماری درمیزان رطوبت لاشه بین تیمارشاهد و تیمارهای روی غذایی، به استثناء تیمار $ZnMet_{30}$،مشاهده نشد ($P\geq0.05$).

جدول ۳- مقادیر (انحراف معیار± میانگین) ترکیب بیوشیمیایی لاشه تیمارها در پایان هفته دوازدهم پرورش

تیمارها	شاخص‌ها (درصد)			
	پروتئین	چربی	خاکستر	رطوبت
شاهد	۱۴/۵±۱/۱۱^{c}	۸/۱۰±۰/۴۵^{a}	۱/۵۳±۰/۱۳^{a}	۷۵/۳±۲/۲۱^{abc}
$ZnSul_{15}$	۱۵/۵±۱/۱۱^{bc}	۷/۶۲±۰/۴۴^{a}	۱/۴۰±۰/۰۷^{ab}	۷۵/۵±۱/۳۹^{ab}
$ZnSul_{30}$	۱۶/۶±۱/۱۱^{ab}	۶/۷۴±۰/۱۲^{b}	۱/۳۶±۰/۰۹^{ab}	۷۵/۹±۲/۸۵^{ab}
$ZnSul_{60}$	۱۵/۷±۱/۱۱^{b}	۶/۴۱±۰/۴۱^{b}	۱/۳۸±۰/۱۸^{ab}	۷۶/۹±۳/۷۴^{a}
$ZnMet_{15}$	۱۶/۵±۱/۱۱^{ab}	۸/۱۳±۰/۲۲^{a}	۱/۳۸±۰/۰۶^{ab}	۷۴/۳±۲/۸۵^{bc}
$ZnMet_{30}$	۱۷/۱±۱/۱۱^{a}	۷/۹۶±۰/۴۱^{a}	۱/۲۷±۰/۰۷^{b}	۷۳/۲±۱/۷۸^{c}
$ZnMet_{60}$	۱۶/۳±۱/۱۱^{ab}	۷/۷۸±۰/۶۵^{a}	۱/۳۰±۰/۰۶^{b}	۷۴/۴±۱/۲۱^{bc}

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

حروف متفاوت درهرستون نشان‌دهنده وجوداختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P≤0.05) (تعدادنمونه= ۶ عددماهی به‌ازای‌هرتیمار)

شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم

نتایج حا صل از تأثیر جیره غذایی حاوی سطوح منابع روی بربرخی شاخص‌های خون شنا سی و بیو شیمیایی سرم درجدول ۴ ارائه شده ا ست. مقادیرگلبول های قرمزخون بین تیمارهای ZnSul و ZnMet، تفاوت‌های معنی‌داری را به‌لحاظ آماری نشـــان ندادند (P≥0.05). درحالیکه مقادیر گلبول های قرمز تیمارهای ZnSul و ZnMet ، به‌اســـتثناء تیمار $ZnSul_{15}$، بطور معنی داری (P≤0.05) در مقایســـه با تیمار شـــاهد افزایش یافت. از نظر مقادیرگلبول های ســـفیدخون، بین تیمارها تفاوت‌های معنی‌داری به‌لحاظ آماری مشـــاهده نگردید (P≥0.05). مقدار هموگلوبین در تیمار $ZnMet_{60}$ افزایش معنی‌داری (P≤0.05) را نسبت به تیمارهای شاهد، $ZnSul_{15}$، $ZnSul_{30}$ و $ZnMet_{15}$ نشان داد، درحالیکه نســـبت به تیمارهای $ZnSul_{60}$ و $ZnMet_{30}$ این افزایش معنی‌دار نبود (P≥0.05). مقدار هماتوکریت نیز در تیمار $ZnMet_{60}$ افزایش معنی‌داری (P≤0.05) را نسـبت به تیمارهای شـاهد، $ZnSul_{15}$ و $ZnMet_{15}$ نشـان داد، درحالیکه نسـبت به تیمارهای $ZnSul_{30}$، $ZnSul_{60}$ و $ZnMet_{30}$ این افزایش معنی‌دار نبود (P≥0.05).

مقادیرگلوکز سرم تیمارهای $ZnMet_{15}$ و $ZnMet_{60}$ در مقای سه با تیمار شاهد بطورمعنی‌داری (P≤0.05) کاهش یافت، درحالیکه نسبت‌به سایرتیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P≥0.05). مقادیرکلسترول سرم بین تیمارهای شاهد، $ZnSul_{15}$ و $ZnSul_{30}$ تفاوت معنی‌داری رانشـان ندادند (P≥0.05)؛ درحالیکه مقادیرکلسـترول سـرم دراین سـه تیمار درمقایسـه با تیمارهای $ZnMet_{15}$، $ZnMet_{30}$ و $ZnMet_{60}$ بطورمعنی‌داری (P≤0.05) افزایش یافتند. مقادیرتری‌گلیسیرید سرم در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی ZnMet نسبت به تیمار شاهد و همچنین ماهیان تغذیه‌شـــده باجیره‌های حاوی ZnSul، کاهش معنی‌داری (P≤0.05) را نشـــان دادند. مقادیرپروتئین‌کل ســـرم درتیمارهای ZnMet نسبت‌به تیمارهای شاهد، $ZnSul_{15}$ و $ZnSul_{60}$، کاهش معنی‌داری (P≤0.05) را نشان دادند. مقادیرآلبومین سرم بین تیمارشاهد و تیمارهای ZnSul ، اختلاف معنی‌داری را نشـان ندادند (P≥0.05). درحالیکه مقادیر آلبومین سـرم در تیمارهای ZnMet در مقایسـه با تیمار شاهد کاهش معنی‌داری (P≤0.05) داشتند.

شاخص‌های ایمنی سرم

نتایج حا صل ازتأثیرجیره غذایی حاوی سطوح منابع روی بر برخی شاخص‌های ایمنی سرم در جدول ۵ ارائه شده ا ست. بیشترین میزان لیزوزیم سرم درتیمار $ZnMet_{60}$ مشاهده شدکه تفاوت معنی‌داری (P≤0.05) را نسبت‌به تیمارهای شاهد، $ZnSul_{15}$ و $ZnSul_{30}$ نشان داد. درحالیکه، هیچگونه اختلاف معنی‌داری درمقادیرایمونوگلوبولین کل ســرم ماهیان تغذیه شـده با ســطوح منابع روی نسـبت‌به تیمارشـاهد مشـاهده نشـد (P≥0.05).

جدول ۴- مقادیر (انحراف معیار± میانگین) شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم تیمارها در پایان هفته دوازدهم پرورش

شاخص‌ها	تیمارها						
	شاهد	$ZnSul_{15}$	$ZnSul_{30}$	$ZnSul_{60}$	$ZnMet_{15}$	$ZnMet_{30}$	**$ZnMet_{60}$**
گلبولهای قرمز (میلی‌متر مکعب)	۴۳۴/۳±۱۷/۴^{b}	۴۵۲/۲±۱۴/۲^{ab}	۴۶۹/۱±۱۶/۱^{a}	۴۶۲/۸±۱۴/۷^{a}	۴۶۰/۴±۱۲/۶^{a}	۴۶۴/۳±۸/۴^{a}	**۴۶۷/۰±۱۰/۸^{a}**
گلبولهای سفید (میلی‌متر مکعب)	۲۰/۷±۱/۵۱	۲۱/۷±۰/۴۶	۲۱/۲±۰/۴۵	۲۰/۹±۰/۷۶	۲۱/۱±۰/۳۴	۲۰/۳±۰/۳۳	**۲۰/۸±۰/۷۶**

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

شاخص‌ها	تیمارها						
	شاهد	$ZnSul_{15}$	$ZnSul_{30}$	$ZnSul_{60}$	$ZnMet_{15}$	$ZnMet_{30}$	**$ZnMet_{60}$**
هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر)	۴/۵۶±۰/۱۵^{d}	۴/۹۵±۰/۲۶^{cd}	۵/۱۴±۰/۲۳^{bc}	۵/۵۳±۰/۳۶^{ab}	۵/۱۲±۰/۳۵^{bc}	۵/۳۸±۰/۱۱^{abc}	**۵/۷۶±۰/۱۲^{a}**
هماتوکریت (درصد)	۲۲/۸±۱/۰۳^{d}	۲۳/۹±۱/۱۲^{cd}	۲۵/۸±۱/۰۱^{ab}	۲۶/۲±۰/۴۹^{ab}	۲۴/۹±۰/۰۵^{bc}	۲۶/۱±۰/۵۶^{ab}	**۲۷/۶±۱/۵۱^{a}**
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۵۶/۶±۳/۷۵^{a}	۵۱/۴±۲/۷۷^{ab}	۵۲/۷±۲/۷۸^{ab}	۵۲/۴±۳/۰۵^{ab}	۴۷/۹±۲/۶۹^{b}	۵۰/۲±۱/۶۱^{ab}	**۴۷/۸±۴/۱۷^{b}**
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۹۴/۵±۸/۹۹^{a}	۹۵/۰±۷/۵۲^{a}	۹۵/۰±۶/۰۱^{a}	۸۷/۸±۸/۴۹^{ab}	۷۶/۹±۳/۰۵^{bc}	۷۰/۴±۵/۵۶^{c}	**۶۴/۹±۴/۴۱^{c}**
تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۵۲۰/۶±۳۵/۸^{a}	۴۸۲/۲±۲۸/۷^{ab}	۴۵۷/۱±۲۸/۳^{b}	۴۶۷/۰±۳۱/۶^{ab}	۳۸۴/۰±۲۵/۴^{c}	۳۹۲/۰±۲۹/۲^{c}	**۳۸۶/۳±۲۵/۱^{c}**
پروتئین کل (گرم در دسی‌لیتر)	۳/۱۶±۰/۰۵^{a}	۳/۱۳±۰/۰۸^{a}	۲/۹۹±۰/۱۲^{ab}	۳/۰۶±۰/۲۲^{a}	۲/۶۹±۰/۱۷^{bc}	۲/۷۷±۰/۲۱^{b}	**۲/۶۶±۰/۱۲^{c}**
آلبومین (گرم در دسی-لیتر)	**۱/۹۶±۰/۱۶^{a}**	**۱/۸۶±۰/۱۲^{ab}**	**۱/۷۰±۰/۰۸^{abc}**	**۱/۸۷±۰/۲۹^{ab}**	**۱/۵۶±۰/۰۸^{c}**	**۱/۶۳±۰/۰۹^{bc}**	۱/۵۶±۰/۰۶^{c}

حروف متفاوت درهرردیف نشان‌دهنده وجوداختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P≤0.05) (تعدادنمونه= ۹ عددماهی به‌ازای‌هرتیمار)

جدول ۵- مقادیر (انحراف معیار± میانگین) شاخص‌های ایمنی سرم تیمارها در پایان هفته دوازدهم پرورش

تیمارها	شاخص‌ها	
	لیزوزیم (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	ایمونوگلوبولین کل (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)
شاهد	۱۳/۲±۰/۶۳^{c}	۳۰/۲±۳/۰۳
$ZnSul_{15}$	۱۳/۶±۱/۷۶^{bc}	۳۲/۹±۲/۷۲
$ZnSul_{30}$	۱۲/۶±۱/۱۴^{c}	۲۹/۶±۱/۷۶
$ZnSul_{60}$	۱۴/۹±۱/۶۶^{abc}	۳۱/۲±۵/۱۲
$ZnMet_{15}$	۱۴/۹±۱/۳۴^{abc}	۳۲/۵±۲/۴۳
$ZnMet_{30}$	۱۵/۸±۰/۹۶^{ab}	۳۳/۷±۲/۸۰
$ZnMet_{60}$	۱۶/۶±۱/۰۸^{a}	۳۴/۲±۴/۹۲

حروف متفاوت درهرستون نشان‌دهنده وجوداختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P≤0.05) (تعدادنمونه= ۹ عددماهی به‌ازای‌هرتیمار)

بحث

یافته های پژوهش حاضرنشان دادکه نیازتغذیه‌ای بچه فیل‌ماهی به عنصرروی می‌تواند ازطریق مکمل‌های غذایی تأمین‌گردد. درپژوهش حاضر، روند بهبود شاخص‌های رشد در تیمارهای روی ارگانیک (ZnMet) مشهودتر بودکه حاکی‌از پتانسیل ارتقاءدهنده روی کلات‌شده با اسیدآمینه متیونین به‌ویژه درسطوح ۱۵ و ۶۰ میلی‌گرم درکیلوگرم جیره برنرخ جذب جیره غذایی درروده وعملکردرشد بچه فیل‌ماهی پرورشی دارد. در همین راستا، Izquierdo و همکاران(2017) [۳۰] با افزودن منابع معدنی، ارگانیک (کلات شده با اسیدآمینه) و نانوذرات سلنیوم، روی و منگنز به غذای لارو ماهی سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) نشان‌دادند که منابع ارگانیک درمقایسه با منابع معدنی و حتی نانو ذرات عناصر مورد آزمایش منجر به عملکرد بهتر رشد می‌گردند. درحالیکه یافته‌هایی نظیر کاهش معنی‌دار وزن نهایی و افزایش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی در میگوی جوان سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) تغذیه شده باجیره حاوی سطوح متفاوت روی کلات‌شده با اسیدآمینه [۳۱] و نیز عدم تغییرات معنی‌دار پارامترهای رشد در بچه‌ماهی انگشت‌قد تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) تغذیه شده با منابع روی معدنی (اکسید روی و سولفات روی) و ارگانیک (کمپلکس روی) [۱۷] درتضاد با نتایج مطالعه حاضر می‌باشند.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

مقادیر اجزاء اصلی ترکیب بیوشیمیایی لاشه نظیر پروتئین و چربی براساس تغییرات در سنتز پروتئین و چربی در بدن، میزان ذخیره‌شان دربافت‌های بدن ونرخ رشدماهی متفاوت می‌باشد [۳۲]. لذا بااستنادبه یافته‌های این‌مطالعه، ارتقاء شاخص‌های رشد و پروتئین لاشه درکل تیمارهای ZnMet و نیز تیمار $ZnSul_{30}$ را می‌توان بااثرات احتمالی سطوح موردآزمایش روی کلات‌شده با متیونین و نیز سطح ۳۰ میلی‌گرم درکیلوگرم از سولفات‌روی برکاهش کاتابولیسم پروتئین وافزایش سنتزگلوکز ازکربوهیدرات و درنهایت افزایش پروتئین ماهیچه بچه فیل‌ماهیان پرورشی مرتبط دانست [۳۳]. دراین راستا، برخی مطالعات نیز به نتایج مشابهی با مکمل‌های غذایی روی درسایر ماهیان دست یافتند [۳۵-۳۳]. از طرفی، کاهش معنی‌دار چربی لاشه در تیمارهای $ZnSul_{30}$ و $ZnSul_{60}$ رامی‌توان به اثرات منفی احتمالی روی معدنی (سولفات روی) درسطوح بالاتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره (۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بر فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی بدن و به دنبال آن افزایش پراکسیداسیون چربی نسبت داد [۳۶].

فاکتورهای خونی به‌عنوان شاخص‌های مهمی جهت تعیین وضعیت سلامت ماهیان تحت تیمار مکمل‌های‌غذایی محسوب می‌شوند [۳۷]. نتایج مطالعه حاضرنشان دادکه به‌استثناء $ZnSul_{15}$، سایرسطوح منابع غذایی روی معدنی وارگانیک منجربه افزایش معنی‌دار تعدادگلبولهای قرمز (RBC) نسبت‌به تیمارشاهدشدند. اطلاعات کمی در زمینه تأثیر روی دررژیم غذایی برسنتز گلبول های قرمز ماهی وجود دارد. روی یکی از عناصر اساسی مؤثر برسنتز پروتئین‌هایی مانند کربنیک انیدراز و سوپراکسیددیسموتاز درگلبول‌های قرمز بوده و از طریق ارتقاء فعالیت آنتی‌اکسیدانی منجر به ممانعت از اکسیداسیون غشای گلبولهای قرمز و عملکرد مناسب این گلبولها می‌گردد [۶، ۳۸] ؛ این ویژگی می‌تواند تأثیرافزایشی مکمل روی معدنی و ارگانیک بر مقادیر RBC درپژوهش حاضر را توجیه نماید. هموگلوبین (Hb) یک متالوپروتئین حاوی آهن درگلبولهای قرمز تمامی مهره‌داران است که سنتز آن به‌شدت بافعالیت آنزیم‌های درگیر درمتابولیسم آهن مانندسرولوپلاسمین (یک آنزیم فروکسیداز مرتبط بااکسیداسیون احتمالی آهن دوظرفیتی یا ferrous به آهن سه‌ظرفیتی یا ferric) محدود می‌شود [۳۹]؛ اگرچه مکانیزم دقیق این فرآیند مشخص نیست اما به‌نظر می‌رسد روی بطورمفیدی جایگزین آهن دوظرفیتی (ferrous) درپروتئین‌های متصل به آهن بدون انجام اکسیداسیون گردیده و بدین ترتیب ارتقاء سنتز هموگلوبین خون راتضمین می‌نماید [۱۰، ۴۰]. دراین راستا، تأثیرمثبت جیره‌های حاوی ZnSul و ZnMet برمقادیر Hb خون درمطالعه حاضر نیز مؤید این مطلب می‌باشد. تأثیرمکمل روی برمقادیر هماتوکریت (PCV) خون در پژوهش حاضر نیز روند افزایشی داشت و براساس نتایج (جدول ۴)، به استثناء تیمار $ZnSul_{15}$، سایر تیمارهای روی معدنی و ارگانیک تأثیرافزایشی معنی‌داری را بر میزان هماتوکریت خون داشتند. بنابراین به نظر می‌رسد افزودن روی درمقادیر ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم درکیلوگرم به جیره، صرفنظر از نوع منبع مورد استفاده، منجر به ارتقاء قابل‌توجه ظرفیت حمل اکسیژن درخون و در نتیجه انتقال بهتر اکسیژن از آبشش به بافت [۱۰] در بچه فیل‌ماهیان پرورشی می‌گردد. هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، Moazenzadeh و همکاران (2017) [۱۰] افزایش مقادیر پارامترهای خون‌ساز نظیر RBC، Hb وPCV را درتاسماهی سیبری تحت تیمار سطوح سولفات‌روی (۷/۴-۱۴/۴۶میلی‌گرم درکیلوگرم جیره) گزارش نمودند. همچنین، Ibrahim و همکاران (2021) [۴۱] با مطالعه اثرات غذایی سطوح اکسید روی و نانو ذرات اکسید روی (۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) در تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) ، بهترین نتایج پارامترهای هماتولوژی را در ماهیان تحت تیمار نانو ذرات اکسید روی در سطح ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره مشاهده نمودند. در تضاد با نتایج پژوهش حاضر، Sansuwan و همکاران (2019) [۴۲] گزارش نمودند که مکمل‌نمودن جیره با سولفات روی و روی کلات‌شده با اسیدآمینه هیچ تأثیری بر پارامترهای خون‌ساز در سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) ندارد.

سنجش پارامترهای سرم‌شناسی به‌عنوان ابزاری ارزشمند جهت نظارت بروضعیت متابولیک و فیزیولوژیک ماهی شناخته می‌شوند [۴۳]. جیره غذایی حاوی مقادیر بالای عنصر روی ممکن است ازطریق افزایش استرس ناشی ازمسمومیت درماهی منجربه افزایش تقاضای انرژی و درنتیجه افزایش غلظت گلوکزسرم گردد [۴۴]. براین اساس، روندکاهشی مقادیرگلوکزسرم تیمارهای $ZnMet_{15}$ و $ZnMet_{60}$ نسبت به تیمار شاهد در این مطالعه بیانگرتأثیر مثبت و غیرسمی منابع روی ارگانیک درسطوح ۱۵ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره بر بچه فیل‌ماهیان پرورشی می‌باشد. منابع روی درجیره غذایی ازطریق تقلیل مقادیرسرمی مس منجربه افزایش فعالیت آنزیم هیدروکسی‌متیل‌گلوتاریل‌کوآنزیم‌آردوکتاز (HMG CoA reductase) (آنزیم مؤثر درتولیدکلسترول درکبد) و افزایش غلظت کلسترول خون می‌گردد [45]؛ دراین راستا، کاهش معنی‌دارمقادیرکلسترول

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

سرم درتیمارهای ZnMet درپژوهش حاضررا می‌توان‌با پتانسیل قابل‌توجه سطوح موردآزمایش روی‌کلات‌شده با اسیدآمینه متیونین نسبت‌به سولفات‌روی درممانعت احتمالی ازکاهش مقادیرسرمی مس و درنتیجه تعدیل سنتزکلسترول درکبد بچه فیل‌ماهیان پرورشی مرتبط دانست. ازطرفی، کاهش معنی‌دارتری‌گلیسیریدسرم درتیمارهای $ZnSul_{30}$ و کل تیمارهای ZnMet رامی‌توان به اثرات مفیداحتمالی جیره‌های مذکور برفرآیندبیوسنتز لیپوپروتئین‌ها، تنظیم کاتابولیسم چربی، عملکردکلیه وکبد و نیزکاهش پراکسیداسیون چربی غشای سلولی [۴۴] نسبت داد. در مطالعه حاضر، تأثیرکاهشی منابع روی برمقادیر پروتئین کل و آلبومین سرم در سه تیمار ZnMet معنی‌دار بود که احتمالاً می‌تواند به‌علت عدم تحریک مناسب سنتز پروتئین درکبد جهت حفظ تعادل اسمزی بین خون و فضاهای بافتی [۱۶] در بچه‌فیل ماهیان تحت تیمار روی کلات‌شده با اسیدآمینه متیونین درسطوح مورد آزمایش باشد. ازطرفی، روند افزایشی مشهودتر فعالیت سرمی لیزوزیم درتیمارهای ZnMet درپژوهش حاضرنشان‌دهنده پتانسیل بالای روی‌کلات‌شده با اسیدآمینه متیونین (روی ارگانیک) به‌ویژه درسطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم درکیلوگرم جیره (جدول ۵) در ارتقاء سیستم ایمنی هومورال غیراختصاصی (ذاتی) و سلولی درمواجهه احتمالی با عوامل باکتریایی گرم مثبت و گرم منفی و درنهایت فعال‌سازی سیستم کمپلمان وفرآیند فاگوسیتوز می‌باشد [۴۶]. درهمین راستا، Sallam وهمکاران (2020) [۳۳] با افزودن ۳۰ میلی‌گرم درکیلوگرم ازمنابع مختلف روی شامل: اکسیدروی (ZnO)، کمپلکس روی- متیونین (Zn-Met) و نانوذرات اکسیدروی (ZnO-NPs) به جیره به افزایش معنی‌دار فعالیت لیزوزیم سرم درماهی *Siganus rivulatus* دست‌یافتند.

نتیجه‌گیری

درمجموع یافته‌های پژوهش حاضرمبین کارآیی بهترمکمل روی‌کلات‌شده بامتیونین (ZnMet) (روی ارگانیک) درسطوح ۶۰-۱۵ میلی‌گرم درکیلوگرم جیره درمقایسه باسولفات‌روی (ZnSul) (روی معدنی) بر برخی پارامترهای رشد، ترکیب لاشه، پارامترهای خون‌شناسی و نیز بیوشمیایی-ایمنی سرم دربچه فیل‌ماهیان پرورشی می‌باشد. این امر نویدبخش کاهش هزینه تولید غذا، کاهش وابستگی صنعت تولید خوراک آبزیان به واردات و نیز تداوم روند رو به رشد صنعت آبزی پروری پایدار در کشور می‌باشد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر در قالب طرح مصوب شورای تحقیقات و فناوری استان گیلان- رشت (با حمایت مالی استانداری گیلان) با عنوان "بهینه سازی جیره غذایی با هدف افزایش شاخص‌های رشد، بهبود کارایی تغذیه و ارتقای سیستم ایمنی تاسماهیان پرورشی (فاز اول: فیل‌ماهی و تاسماهی سیبری)" با شماره مصوب: ۹۴۱۰۴-۳۲-۳۲-۴ در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر انجام گردید. نگارندگان کمال تشکر را از کلیه همکارانی که در اجرای این پروژه دست یاری دادند و با زحمات بی‌دریغ‌شان پشتیبان ما بودند، ابراز می‌دارند.

منابع

1- Liang JJ, Yang HJ, Liu YJ, Tian LX, Liang GY. Dietary zinc requirement of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) based on growth and mineralization. Aquacalt Nutr. 2012;18(4):380-7.

2- Lin S, Lin X, Yang Y, Li F, Luo L. Comparison of chelated zinc and zinc sulfate as zinc sources for growth and immune response of shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 2013;406-407:79-84

3- Houng-Yung C, Yu-Chun C, Li-Chi H, Meng-Hsien C. Dietary zinc requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture. 2014;432:360-4.

4- Kaushik S. Mineral nutrition. In: Guillaume J, Kaushik S, Bergot P, Metailler R. Nutrition and feeding of fish and crustaceans. Chichester, UK: Springer-Praxis Publishing Ltd.; 2002. pp. 169-81.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

5- Buentello JA, Goff JB, Gatlin III DM. Dietary zinc requirement of hybrid striped bass, *Morone chrysops* × *Morone saxatilis*, and bioavailability of two chemically different zinc compounds. J World Aquac Soc. 2009;40(5):687-94.

6- Huang F, Jiang M, Wena H, Wua F, Liua W, Jb Tiana, Yang C. Dietary zinc requirement of adult Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed semi-purified diets, and effects on tissue mineral composition and antioxidant responses. Aquaculture. 2015; 439:53-9

7- Glover CN, Bury NR, Hogstrand C. Intestinal zinc uptake in freshwater rainbow trout: evidence for apical pathways associated with potassium efflux and modified by calcium. Biochim Biophys Acta Biomembr. 2004. 1663(1-2:214-21.

8- Carpene E, Andreani G, Monari M, Kindt M, Isani G. Biochemical changes during post-larval growth in white muscle of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed zinc-fortified diets. Vet Res Commun. 2003;27:215-8.

9- Watanabe T, Kiron V, Satoh S. Trace minerals in fish nutrition. Aquaculture. 1997;151(1-4):185-207.

10- Moazenzadeh K, Islami HR, Zamini A, Soltani M. Dietary zinc requirement of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt 1869) juveniles, based on the growth performance and blood parameters. Int. Aquat. Res. 2017;9(1): 25-35.

11- Wang C, Lovell RT. Organic selenium sources, selenomethionine and selenoyeast, have higher bioavailability than an inorganic selenium source, sodium selenite, in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture. 1997;152(1-4), 223-34.

12- Paripatananont T, Lovell RT. Responses of channel catfish fed organic and inorganic sources of zinc to *Edwardsiella ictaluri* challenge. Journal of Aquatic Animal Health. 1995;7(2):147-54.

13- Satoh S, Apines MJ, Tsukioka T, Kiron V, Watanabe T, Fujita S. 2001. Bioavailability of amino acids-chelated and glass-embedded manganese to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fingerlings. Aquacult Res. 2001;32(S1):18-25.

14- Apines-Amar MJS, Satoh S, Caipang CMA, Kiron V, Watanabe T, Aoki T. Amino acid-chelate: a better source of Zn,Mn, and Cu for rainbowtrout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 2004;240(1-4):345-58.

15- Tan BP, Mai KS. Zinc methionine and zinc sulfate as sources of dietary zinc for juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Aquaculture. 2001;192(1):67-84.

16- Kishawy AT, Roushdy EM, Hassan FA, Mohammed HA, Abdelhakim TM. Comparing the effect of diet supplementation with different zinc sources and levels on growth performance, immune response and antioxidant activity of tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquacult Nutr. 2020;26(6):1926-42.

17- Do carmo e sa MV, Pezzato LE, Barros MM, Magalhaes padilha P. Relative bioavailability of zinc in supplemental inorganic and organic sources for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. Aquacul Nutr. 2005;11(4):273-81.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

18- Khalil HS, Mansour AT, Godaa AMA, Omar EA. Effect of selenium yeast supplementation on growth performance, feed utilization, lipid profile, liver and intestine histological changes, and economic benefit in meagre, *Argyrosomus regius*, fingerlings. Aquaculture. 2019;501(25):135-43.

19- Zhao, CY, Tan SX, Xiao XY, Qiu XS, Pan JQ, Tang ZX. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. Biol Trace Elem Res. 2014;160(3):361-7.

20- Goff JP. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. J Dairy Sci. 2018;101(4): 2763-2813.

21- Silva MS, Kröckel S, Prabhu PAJ, Koppe W, Ørnsrud R, Waagbø R, Araujo P, Amlund H. Apparent availability of zinc, selenium and manganese as inorganic metal salts or organic forms in plant-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture. 2019;503:562-70.

22- Brown TF, Zeringue LK. Laboratory evaluations of solubility and structural integrity of complexed and chelated trace mineral supplements. J Dairy Sci. 1994;77(1):181-9.

23- Du Z, Luo W, Liu Y, Xu H, Wu J, Wang T, Yang L, Wen, A. The dietary zinc requirement of a benthic fish *Paramisgurnus dabryanus*. Aquacalt Res. 2020;51(4):1346-52.

24- Mohseni M, Hassani MHS, Pourali FH, Pourkazemi M, Bai SC. The optimum dietary carbohydrate/lipid ratio can spare protein in growing beluga, *Huso huso*. J Appl Ichthyol. 2011;27(2):775-80.

25- Mohseni M, Pourali, HR., Kazemi R, Bai SC. Evaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile beluga (*Huso huso* L. 1758). Aquacult Res. 2014;45(11):1832-41.

26- AOAC. Official methods of analysis. 16th Edition. Arlington: Association of Official Analytical Chemists; 1995.

27- Houston CB. Blood and circulation. In: Shreck CB, Moyle PB. Methods for fish biology. USA.: American Fisheries Society; 1990. pp. 273-322.

28- Siwicki AK, Anderson DP, Rumsey GL. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. Vet Immunol Immunopathol. 1994;41(1-2):125-39.

29- Subramanian S, MacKinnon SL, Ross NW. A comparative study on innate immune parameters in the epidermal mucus of various fish species. Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol. 2007;148(3):256-63.

30- Izquierdo MS, Ghrab W, Roo J, Hamre K, Hernández-Cruz CM, Bernardini G, Terova G, Saleh R. Organic, inorganic and nanoparticles of Se, Zn and Mn in early weaning diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*; Linnaeus, 1758). Aquacult Res. 2017;48(6):2852-67.

31- Shi B, Xu F, Zhou Q, Regan MK, Betancor M., Tocher DR, Sun M, Meng F, Jiao L, Jin M. Dietary organic zinc promotes growth, immune response and antioxidant capacity by modulating zinc signaling in juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquacult Rep. 2021;19:100638.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

32- Abdel-Tawwab M, Abdel-Rahman AM, Ismael NE. 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. 2008;280(1-4):185-9.

33- Sallam AE, Mansour AT, Alsaqufi AS, Salem MES, El-Feky MM. Growth performance, anti-oxidative status, innate immunity, and ammonia stress resistance of Siganus rivulatus fed diet supplemented with zinc and zinc nanoparticles. Aquacult Rep. 2020;18:100410.

34- Taheri S, Banaee M, Haghi BN, Mohiseni M. Effects of dietary supplementation of zinc oxide nanoparticles on some biochemical biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio*). Int J Aquat Biol. 2017;5(5):286-94.

35- Zhao HX, Cao JM, Liu XH, Zhu X, Chen SC, Lan HB, Wang AL. Effect of supplemental dietary zinc sources on the growth and carbohydrate utilization of tilapia Smith 1840, *Oreochromis niloticus*× *Oreochromis aureus*. Aquacult Nutr. 2011;17(1):64-72.

36- Akram Z, Fatima M, Shah SZH, Afzal M, Hussain SM, Hussain M, Khan ZI, Akram K. Dietary zinc requirement of *Labeo rohita* juveniles fed practical diets. J Appl Anim Res. 2019;47(1):223-29.

37- Abu-Elala N, Marzouk M, Moustafa M. Use of different *Saccharomyces cerevisiae* biotic forms as immune-modulator and growth promoter for *Oreochromis niloticus* challenged with some fish pathogens. Int J Vet Sci Med. 2013;1(1):21-9.

38- e Sá MVDC, Pezzato LE, Lima MMBF, de Magalhães Padilha P. Optimum zinc supplementation level in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles diets. Aquaculture. 2004;238(1-4):385-401.

39- Lall SP. The minerals. In: Halver JE, Hardly RW. Fish nutrition, 3rd edn. San Diego, USA.: Academic Press; 2002. pp. 259-309.

40- Havukainen H, Haataja S, Kauko A, Pulliainen AT, Salminen A, Haikarainen T, Finne J, Papageorgiou AC. Structural basis of the zinc-and terbium-mediated inhibition of ferroxidase activity in Dps ferritin-like proteins. Protein Sci. 2008;17(9):1513-21.

41- Ibrahim MS, El-Gendi GM, Ahmed AI, El-Haroun ER, Hassaan MS. Nano Zinc Versus Bulk Zinc Form as Dietary Supplied: Effects on Growth, Intestinal Enzymes and Topography, and Hemato-biochemical and Oxidative Stress Biomarker in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758). Biol Trace Elem Res. 2021. https://doi.org/10.1007/s12011-021-02724-z.

42- Sansuwan K, Jintasataporn E, Chumkam S. Effects of dietary zinc amino acid complex and zinc sulfate on growth performance, digestive enzyme activity and immune response in Asian seabass (*Lates calcarifer*). J Aquacalt Res Dev. 2019;10:572.

43- Mondal AH, Behera T, Swain P, Das R, Sahoo SN, Mishra SS, Das J, Ghosh K. 2020. Nano zinc vis-à-vis inorganic Zinc as feed additives: Effects on growth, activity of hepatic enzymes and non-specific immunity in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. Aquacult Nutr. 2020;26(4):1211-22.

44- Banaee M, Vaziriyan M, Derikvandy A, Haghi BN, Mohiseni M. Biochemical and physiological effect of dietary supplements of ZnO nanoparticles on common carp (*Cyprinus carpio*). Int J Aquat Biol. 2019;7(1):56-64.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

45- Foster M, Petocz P, Samman S. Effects of zinc on plasma lipoprotein cholesterol concentrations in humans: a meta-analysis of randomised controlled trials. Atherosclerosis. 2010; 210(2):344-52.

46- Saurabh S, Sahoo PK. Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. Aquacult Res. 2008;39(3):223-39.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume11, Issue 1, Winter 2022
Pages: 91-105

E Comparing effects of sources levels of zinc on growth performance, carcass composition, haematological and serum immuno-biochemical indices of juvenile beluga sturgeon, *Huso huso* (Linnaeus, 1758)

Mahmoud Mohseni[1*], Maryam Aftabgard[2], Mohammad Hassanzadeh Saber[1], Kadusa Moazenzadeh[3]

1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
2- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran.
3- Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

A B S T R A C T

This study aims to compare effects of sources levels of zinc on growth and carcass quality, some haematological and serological indices of juvenile beluga sturgeon, Huso huso (Linnaeus, 1758). A number of 315 juvenile beluga sturgeon (8.4±0.29) were fed in 21 500 lit fiberglass tanks (15 fish per tank) under 7 experimental diets including 1 control diet plus 6 diets containing zinc (mg per kg of diet) in two forms of mineral (zinc sulfate) (ZnSul15, ZnSul30, and ZnSul60 treatments) and organic (chelated with methionine) (ZnMet15, ZnMet30, and ZnMet60 treatments) with three replications per treatment for 12 weeks. The best values of final weight and feed conversion ratio were observed in the ZnMet15 and ZnMet60 treatments. Red blood cells, hemoglobin, and hematocrit showed an incremental trend influenced by increased zinc supplement. Increased carcass protein in the ZnMet30 treatment was significant compared to the control, ZnSul15, and, ZnSul30 treatments (P≤0.05). Reduced carcass lipid in the ZnSul30 and ZnSul60 treatments was significant compared to the other treatments (P≤0.05). Serum triglyceride and cholesterol decreased in the ZnMet treatments compared to the control treatment. Reduced serum glucose in the ZnMet15 and ZnMet60 treatments and also increased serum lysozyme in the ZnMet30 and ZnMet60 treatments were significant compared to the control treatment (P≤0.05). Results demonstrated that most of the indices had better performance in the ZnMet treatments comparted to the other treatments and are proposed as an optimal diet for juvenile beluga sturgeon.

KEYWORDS: Mineral zinc, Organic zinc, haematological indices, Serology, Beluga sturgeon

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 11 April 2021
Accepted: 20 February 2022
ePublished: 25 February 2022

* Corresponding Author:
Email address: mahmoudmohseni73@gmail.com
Tel: +(98) 9111342918
© Published by Tarbiat Modares University
eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-03]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1400.11.1.1.4]