



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 2, 2021, pages: 1-10



Effects of zinc nanoparticles and vitamin E on growth and immune parameters of common carp, *Cyprinus Carpio*

**Shahin Kordrostami¹, Masoud Hedayatifard^{2*}, Mojtaba Keshavarz², Rouhollah Javadian²,
Kayvan Hazaei²**

1- PhD student, Department of Aquaculture, College of Agriculture and Natural Resources,
Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Mazandaran, Iran.

2- Department of Fisheries, College of Agriculture and Natural Resources, Qaemshahr Branch,
Islamic Azad University, Qaemshahr, Mazandaran, Iran.

Received 05 April 2021

Revised: 05 June 2021

Accepted 15 June 2021

KEYWORDS

Growth

Common carp

Cyprinus Carpio

Zinc nanoparticles

Vitamin E

ABSTRACT

In this study, the mutual effects of zinc nanoparticles (Zn-NPs) and vitamin E nanoparticles (Vit E-NPs) on growth and immune parameters of fingerling *Cyprinus Carpio* with an average weight of 9 g was evaluated over a period of 60 days in three different treatments (treatment I : 100 IU/kg normal vitamin E + 15 mg/kg normal zinc sulfate; treatment II: 100 IU/kg Vit E-NPs + 15 kg/mg Zn-NPs; treatment III: 300 IU/kg Vit E-NPs + 15 kg/mg Zn-NPs) compared to the control group that received normal diet without any supplements. The results showed significant increase in the mean percent body weight increases ($144.1 \pm 56.85\%$), average daily growth ($2.41 \pm 0.15\%$), specific growth rate ($1.46 \pm 0.13\%/day$) and feed conversion ratio (FCR, 4.59 ± 0.68), immunoglobulin (IgM, $4.49 \pm 1.71\text{ mg/dL}$) in treatment III compared to the control group ($p < 0.05$). However, the condition factor was the highest in the control group and there was no significant difference between control group and the other treatments ($p > 0.05$). The survival rate (%SR) was significantly increased compared to the control group, but there was no significant difference between different treatments ($p > 0.05$). Based on these findings, treatment III is recommended for increasing the growth indices and treatment II for enhancing immune parameters in *C. carpio*.

*Corresponding author: Persiafish@gmail.com



"مقاله پژوهشی"

اثرات نانوذرات روی و ویتامین E بر شاخص‌های رشد و ایمنی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

شاهین کردرستمی^۱، مسعود هدایتی فرد^{۲*}، مجتبی کشاورز دیوکلای^۲، روح... جوادیان^۲، کیوان حضائی^۲
۱- دانشجوی دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، مازندران

۲- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، مازندران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

کلمات کلیدی

چکیده

تأثیر متقابل نانوذرات روی (Zn-NPs) و ویتامین E بر شاخص‌های رشد و ایمنی بچه ماهیان انگشت- کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با وزن میانگین ۹ گرم طی ۶۰ روز با یک گروه شاهد و سه تیمار (گروه شاهد تغذیه شده با جیره معمولی و فاقد روی و ویتامین؛ تیمار ۱: تغذیه با ۱۰۰ واحد ویتامین E و ۱۵ میلی‌گرم روی معمولی در کیلوگرم جیره؛ تیمار ۲: تغذیه با ۱۰۰ واحد نانو ویتامین E و ۱۵ میلی‌گرم نانو سولفات روی در کیلوگرم؛ و تیمار ۳: تغذیه با ۳۰۰ واحد نانو ویتامین E و ۱۵ میلی‌گرم نانو سولفات روی در کیلوگرم) بررسی شد. نتایج نشان داد که در تیمار سوم درصد افزایش وزن ماهیان ($1/85 \pm 0/144/56$)، میانگین رشد روزانه ($0/15 \pm 0/2/41$)، نرخ رشد ویژه ($0/13 \pm 0/1/46$)، ضریب تبدیل غذایی ($0/68 \pm 0/4/59$) و شاخص ایمونوگلوبولین ($1/71 \text{ mg/dL}$) IgM اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد داشت ($p < 0/05$). ضریب چاقی در گروه شاهد بالاترین مقدار ($0/09 \pm 1/92$) را نشان داد و اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و دیگر تیمارها وجود نداشت ($p > 0/05$). درصد بقا نسبت به شاهد افزایش یافت، اما بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). با توجه به نتایج حاصله می‌توان به منظور افزایش شاخص‌های رشد، از تیمار سوم و به منظور بهبود شاخص‌های ایمنی (IgM) از تیمار دوم در پرورش این ماهی استفاده کرد.

مقدمه

طی چند دهه گذشته آبی پروری بیش از نیمی از ماهی مصرفی جهان را به خود اختصاص داده است (Naderi et al. 2017). میزان تولیدات آبی پروری ایران در سال ۱۳۹۸، ۵۲۶۷۲۹ تن بوده که سهم ماهیان گرمابی در این آمار، ۲۱۲۷۷۵ تن است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۸-۱۳۹۳) و حدود ۴۰٪ تولیدات آبی پروری کشور را به خود اختصاص می دهد. ماهی کپور معمولی از گونه های پرورشی رایج در دنیا و از جمله ایران است که در سال ۲۰۱۶ از نظر میزان تولید با سه میلیون تن رتبه هفتم را در بین آبیان پرورشی در دنیا را به خود اختصاص داده است (FAO, 2016).

افزودنی های جیره غذایی آبیان یکی از مهم ترین نکات در تغذیه و پرورش است. دلیل آن ممکن است ایجاد مقاومت بیشتر به شرایط متراکم در مراحل تکثیر و پرورش و همچنین، استرس هایی باشد که ماهی تجربه می کند. بنابراین، غنی سازی جیره با برخی ویتامین ها و مواد معدنی ممکن است روش مؤثری برای افزایش میزان رشد، ایمنی و مقاومت به بیماری ها باشد (Keen et al. 2004; Khan et al. 2017). سطح متعارف روی، اهمیت زیادی در کارکرد فیزیولوژی، رشد، افزایش بهره وری خوراک و معدنی شدن استخوان های ماهی دارد، در حالی که میزان اضافی آن نه تنها سبب دفع شدید روی می شود، بلکه ثابت شده که اثر منفی هم بر معدنی شدن استخوان دارد (Liang et al. 2012). مطابق تحقیقات انجام شده توسط متخصصان تغذیه آبیان، میزان روی مورد نیاز در جیره کپور معمولی پرورشی از ۱۵ تا ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم خوراک است که معمولاً به صورت نمک های معدنی شامل اکسید روی یا سولفات روی به جیره اضافه می شود (Davis and Gatlin, 1996). شکل، اندازه، ویژگی های نوری و الکتریکی مواد به خصوصیات فیزیکی و شیمیائی آنها مرتبط است. در حالی که کاهش درشت مولکول ها به مقیاس نانو، این خصوصیات را تغییر داده و کاربرد

آنها را افزایش می دهد (Alishahi et al. 2011; Rather et al. 2011). طبق نظر محققان، ماهی کپور معمولی و قزل آلا رنگین کمان، بدون نشان دادن اثرات منفی بر بقا و رشد این ماهیان، به ۱۷۰۰-۱۹۰۰ میلی گرم روی در هر کیلوگرم جیره مقاومت نشان می دهند (Jeng and Sun, 1981; Wekell et al. 1983). جذب و قابلیت دسترسی زیستی در جیره ممکن است با اشکال طبیعی و شیمیایی روی در جیره، ترکیب منابع پروتئینی جیره، حضور فیتات و تری کلسیم فسفات در جیره، تحت تأثیر قرار گیرد (Lonnerdal, 2000; Tan and Mai, 2001).

ویتامین E نقش مهمی در بسیاری از واکنش های فیزیولوژیک و فرآیندهای بیوشیمی از جمله رشد، تولیدمثل و پاسخ ایمنی دارد (NRC, 2011; Lu et al. 2015). این ویتامین یک ویتامین ضروری برای انسان و حیوانات است و بدن ماهی نمی تواند آن را بسازد (Li and Gatlin, 2009). تحقیقات زیادی پیرامون اثرات نانو ذرات روی به عنوان افزودنی جیره بر شاخص های رشد و ایمنی ماهیان (Faiz et al. 2015; Taheri et al. 2017; Ghafari Tawfik et al. 2017; Farsani et al. 2018; Onuegbu et al. 2018; Kumar et al. 2018; Khan et al. 2020; Thangapandiyand Monika 2020; و حیدری کاهکش و چله مال دزفول نژاد، ۱۳۹۶) در ماهیان انجام شده است. از طرفی، تفاوت تأثیر شکل ساده و نانوی ویتامین ها به خصوص ویتامین E پیرامون افزایش رشد و ایمنی بررسی نشده، اما تأثیر اشکال مختلف نانوذرات توأم با ویتامین های مختلف به خصوص ویتامین های E و C مطالعه شده و این مطالعه به عنوان اولین گزارش اثرات متقابل و همچنین، تفاوت تأثیر شکل ساده و نانوی ویتامین E توأم با سطوح مختلف نانوذرات سولفات روی بر شاخص های رشد و ایمنی کپور معمولی، ممکن است اطلاعات مفیدی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری ذرات با استفاده از دستگاه پارتیکل آنالایزر SEM انجام شد و بعد از اطمینان از آن، نسبت به به‌کارگیری نانوذرات روی و نانو ویتامین E اقدام شد.

تهیه جیره و غذادهی به ماهیان

خوراک مرحله پیش‌پروراری (FFC) بر اساس زیست-سنجی و توده زنده بدنی هر مخزن و بر اساس نوع مواد افزودنی هر تیمار و دمای آب، با استفاده از جداول تغذیه‌ای توزین و در اختیار ماهیان قرار گرفت. غذادهی روزانه در سه وعده ابتدای آزمایش انجام و از روز چهارم به دو وعده در روز کاهش یافت. برای اضافه کردن مواد افزودنی به خوراک، ابتدا میزان مصرف ماهیان هر تیمار مشخص و پس از آن، افشانه روغن بر روی خوراک و قرار دادن داخل ظرف در بسته حاوی ویتامین E و عنصر روی، اختلاط کامل انجام شد. خلوص ویتامین E ساده با ۵۰٪ و سولفات روی با خلوص ۳۵٪ تهیه شد. ویتامین E نانو به صورت سورفاکتانت با خلوص ۶۰٪ تهیه و با سرنگ دو میلی لیتر به خوراک اضافه می‌شد.

این تحقیق در یک دوره زمانی ۶۰ روزه از مهر تا آبان ماه سال ۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقاتی ترویجی اداره شیلات قصرشیرین، کرمانشاه انجام شد. تعداد ۳۶۰ عدد بچه ماهی انگشت قد کپور معمولی با میانگین وزن 0.34 ± 9.64 گرم در ۱۲ مخزن فایبرگلاس به تعداد مساوی با شرایط یکسان از لحاظ حجم آب (۳۰۰ لیتری) و همچنین، خواص کیفی آب مشابه توزیع شدند. در طول آزمایش میانگین دمای آب $25/4$ درجه سانتی‌گراد، pH آب $7/8$ و میزان اکسیژن محلول $6/9$ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری و ثبت شد.

تهیه نانوذرات روی و نانو ویتامین E

در این تحقیق ویتامین E مورد استفاده و سولفات روی از کارخانه خوراک دام و طیور شهرستان روانسر تهیه شد. مواد نانو در آزمایشگاه مرکز تحقیقاتی اکولوژی دریای خزر واقع در فرح آباد ساری به روش سبز با اندازه ۷۰-۵۰ نانومتر تهیه و تولید شد.

جدول ۱ سنجش خوراک مصرفی در مطالعه تأثیر نانوذرات سولفات روی و نانو ویتامین E بر شاخص‌های رشد و ایمنی کپور

معمولی

شاخص	میزان (%)
پروتئین	۳۸
چربی	۴-۸
خاکستر	۷-۱۱
فیبر	۳-۶
رطوبت	۵-۱۱

واحد ویتامین E بر اساس روش Rahman و همکاران (۲۰۱۸) انتخاب شد که در جدول ۲ میزان و سطح مورد استفاده از عنصر روی و ویتامین E آورده شده است.

انتخاب تیمارها

در این مطالعه غلظت عنصر روی، ۱۵ تا ۳۰ میلی‌گرم (Lovell, 1989)، سطح ۱۰۰ واحد (IU) ویتامین E بر اساس روش Halver (۲۰۰۲) و سطح ۳۰۰

جدول ۲ تیمارهای مطالعه تأثیر نانوذرات سولفات روی و نانو ویتامین E بر شاخص های رشد و ایمنی کپور معمولی

تیمارها	اجزای تشکیل دهنده
شاهد	جیره فاقد افزودنی
تیمار ۱	۱۰۰ واحد بر کیلوگرم جیره ویتامین E معمولی و ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم روی معدنی
تیمار ۲	۱۰۰ واحد بر کیلوگرم جیره نانو ویتامین E و ۱۵ میلی گرم نانو سولفات روی
تیمار ۳	۳۰۰ واحد بر کیلوگرم جیره نانو ویتامین E و ۱۵ میلی گرم نانو سولفات روی

اندازه گیری شاخص های رشد

برای ارزیابی تأثیر سطوح مختلف نانوذره روی و نانو ویتامین E و مقایسه بین تیمارهای مختلف به فاصله زمانی ۱۵ روز یکبار وزن ماهیان با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و طول کل با خطکش با دقت ۱ میلی متر اندازه گیری و شاخص های رشد از طریق روابط زیر محاسبه شدند (Hung et al. 1989):

متوسط وزن اولیه - متوسط وزن نهایی = متوسط رشد روزانه (GR) (گرم/روز)
 افزایش وزن بدن (گرم) / مقدار غذای مصرف شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی (FCR)
 $100 \times (\text{تعداد روز پرورش} / \text{لگاریتم طبیعی وزن اولیه} - \text{لگاریتم طبیعی وزن ثانویه}) = \text{نرخ رشد ویژه (SGR) (\%)}$
 $100 \times \text{متوسط وزن اولیه} / \text{متوسط وزن نهایی} = \text{درصد افزایش وزن بدن (BWI) (\%)}$
 طول^۳ / ۱۰۰ × وزن = ضریب چاقی (CF) (%)
 ۱۰۰ × تعداد ماهی نهایی / تعداد ماهی اولیه = درصد بقا (SR) (%)
 ۱۰۰ × وزن اولیه × زمان پرورش / وزن بدن در ابتدای دوره پرورش - وزن نهایی بدن = میانگین رشد روزانه (ADG) (%)

اندازه گیری شاخص ایمنی (IgM)

سطح ایمونوگلوبولین (IgM) پلاسما نیز با استفاده از کیت شرکت بهار افشان تهران و اتوآنالیزر هیتاچی ۷۰۴ سنجش شد.

روش تجزیه و تحلیل داده ها

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و تجزیه و تحلیل داده های حاصل، با استفاده از نرم افزار SPSS ۱۷ و آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ بین تیمارهای مختلف انجام شد. تست همگن بودن داده ها توسط کولموگروف-اسمیرنوف انجام، و نرمال بودن داده ها بررسی شد.

نتایج

در این مطالعه غلظت ۳۰۰ واحد (IU) نانو ویتامین E و ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم نانو اکسید روی موجب افزایش وزن ماهیان (WG)، میانگین رشد روزانه (ADG) و کاهش ضریب تبدیل خوراک (FCR) شد که اختلاف معنی داری با گروه شاهد ($p < 0.05$)

اندازه گیری فراسنجه های آب

برای تأمین شرایط مناسب کیفی آب پرورش ماهیان و جلوگیری از هر گونه تأثیر منفی بر رشد و بروز استرس، علاوه بر تعویض آب روزانه و خروج مدفوع و ضایعات خوراک از کف مخازن، فراسنجه های کیفی آب مانند میزان اکسیژن محلول، pH و آمونیاک (N-) NH_3 به صورت روزانه و دمای آب در دو نوبت صبح و عصر اندازه گیری و ثبت شد. میانگین دمای آب، pH و میزان اکسیژن محلول در آب طی آزمایش به ترتیب ۲۵/۴ درجه سانتی گراد، ۷/۸ و ۶/۹ میلی گرم بر لیتر ثبت شد.

تیمار دوم (۱۰۰ واحد نانو ویتامین E و ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم نانوسولفات روی) برای تحریک رشد این ماهی در وزن ۹ گرم کافی نبوده است (شکل های ۱، ۲، ۳ و ۴).

داشت، اما تیمار ۱۰۰ واحد نانو ویتامین E و ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم نانوسولفات روی نتوانست افزایش قابل توجهی در شاخص های رشد بچه ماهیان کپور انگشت قد ایجاد کند. لذا می توان اظهار داشت که

جدول ۲ میانگین تغییرات شاخص های رشد بچه ماهیان کپور معمولی در یک دوره ۶۰ روزه در تیمارهای آزمایشی.

شاخص ها	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
افزایش وزن بدن (/.)	۱۲۴/۴ ± ۱/۰۹ ^a	۱۲۲/۱ ± ۲/۱ ^{ab}	۱۲۰/۴۵ ± ۱/۷ ^a	۱۴۴/۵۶ ± ۱/۸۵ ^b
وزن نهایی بدن (g)	۲۱/۳ ± ۰/۹۳ ^a	۲۱/۳۶ ± ۱/۴۲ ^{ab}	۲۰/۰۶ ± ۱/۶۳ ^a	۲۴/۰۴ ± ۱/۷۵ ^b
ضریب تبدیل غذایی	۵/۲ ± ۰/۳۵ ^{ab}	۵/۷۲ ± ۰/۸۹ ^b	۵/۹۶ ± ۰/۷۸ ^c	۴/۵۹ ± ۰/۶۸ ^a
نرخ رشد ویژه (/.)	۱/۳۴ ± ۰/۱۲	۱/۲۹ ± ۰/۱۳	۱/۳۴ ± ۰/۱۴	۱/۴۶ ± ۰/۱۳
متوسط رشد روزانه (/.)	۲/۰۷ ± ۰/۱۵ ^a	۲/۰۳ ± ۰/۲ ^a	۲/۰۱ ± ۰/۱۳ ^a	۲/۴۱ ± ۰/۱۵ ^b
ضریب چاقی (/.)	۱/۹۲ ± ۰/۰۹	۱/۷۳ ± ۰/۱۳	۱/۷۴ ± ۰/۱۲	۱/۸۳ ± ۰/۱۲

حروف انگلیسی مختلف در ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معناداری بین تیمارهای آزمایش می باشد ($p < 0.05$).

جدول ۳ میانگین تغییرات شاخص ایمنی (IgM) بچه ماهیان کپور معمولی در یک دوره ۶۰ روزه در تیمارهای آزمایشی.

شاخص	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
ایمونوگلوبولین (mg/dL)	۱/۷۵ ± ۰/۰۴ ^a	۱/۹۸ ± ۰/۱۹ ^a	۴/۴۹ ± ۱/۷۱ ^b	۲/۴۳ ± ۰/۸۲ ^b

حروف انگلیسی مختلف در ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معناداری بین تیمارهای آزمایش می باشد ($p < 0.05$).

جمله آبی پروری دارند (Swain et al. 2018). نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که نانوذرات دارای توان بالقوه عظیمی در کنترل عوامل بیماری زا، بهبود عملکرد دستگاه ایمنی و رشد در آبی پروری هستند (Tawfik et al. 2017). در این تحقیق مخلوط ۱۵ میلی گرم نانوذرات سولفات روی و ۳۰۰ واحد ویتامین E در کیلوگرم جیره، موجب افزایش شاخص های افزایش وزن، میانگین رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی شد که تفاوت معنی داری با گروه شاهد نشان داد. در تحقیق Onuegbu و همکاران (۲۰۱۸) غنی سازی منابع مختلف روی در جیره، وزن نهایی، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی را به طور معنی دار افزایش داد. در مطالعه Tawfik و همکاران (۲۰۱۷) نتایج نشان داد که وزن ماهی تیلایپای نیل به تدریج با افزایش غلظت اکسید روی به هر دو شکل

در این مطالعه از بین شاخص های ایمنی، فقط شاخص ایمونوگلوبولین در بچه ماهیان کپور معمولی اندازه گیری شد. این شاخص در تیمار دوم افزایش قابل توجهی نشان داد و اختلاف معنی داری با تیمار شاهد داشت ($p < 0.05$). شاخص ایمونوگلوبولین در هر سه تیمار با افزایش مواجه شد و در تیمارهای ۱ (فاقد شکل نانو) و ۲ (دارای شکل نانو) مقدار نانوذره و ویتامین E یکسان بود، اما در تیمار ۳ با وجود افزایش سه برابری سطح ویتامین E، میزان افزایش ایمونوگلوبولین کمتر از تیمار ۲ بود.

بحث

ذرات نانو توان بالقوه عظیمی در کاربری های مختلف از قبیل شیمیایی و فیزیکی دارند و این به واسطه اندازه کوچک و مساحت (سطح) بزرگتر در آنهاست. آنها کاربرد بسیار وسیعی در زمینه های زیستی از

یافته Khan و همکاران (۲۰۲۰) که در تحقیق آنها بقای ماهیان ۱۰۰٪ بود، هم‌خوانی دارد. با وجود این، در مطالعه Yildirim-Aksoy و همکاران (۲۰۰۸) و Swain و همکاران (۲۰۱۸) میزان بقاء در تیمارهای مختلف با افزایش قابل توجهی همراه بود. در مطالعه Tawfik و همکاران (۲۰۱۷)، پروتئین کل سرم و شاخص Igm تحت تأثیر میزان اکسید روی در هر دو شکل ساده و نانو بود، اما نانو ذرات اکسید روی سطح Igm و پروتئین کل را بیش از شکل ساده آن بهبود بخشید که ممکن است به دلیل افزایش تولید پروتئین در کبد باشد. در مطالعه حاضر، شاخص‌های رشد (درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و متوسط رشد روزانه) در تیمار ۳ افزایش معنی‌داری نسبت به دیگر تیمارها نشان داد که ممکن است به دلیل وجود نانوذره و یا ویتامین E باشد. در تیمار ۲ شکل مواد، نانو و در تیمار ۱ شکل مواد، ساده بود. این در حالی بود که در تیمارهای ۱ و ۲ غلظت ویتامین E یکسان بود و در تیمار ۳، غلظت ویتامین E سه برابر شد. به‌خصوص، با توجه به اینکه نانو ذرات می‌توانند فعالیت ویتامین‌های C و E را افزایش دهند (Astete et al. 2011). لذا افزایش معنی‌دار شاخص‌های مذکور ممکن است به دلیل وجود نانو ذرات، افزایش سطح و همچنین تغییر شکل ویتامین E باشد. در تیمار ۱ با وجود شکل ساده هر دو ماده (نانوذرات و ویتامین E)، افزایش سطح ایمونوگلوبولین مشاهده شد، اما در تیمار ۲ که شکل هر دو ماده مورد استفاده به صورت نانو بود، افزایش معنی‌دار سطح ایمونوگلوبولین اتفاق افتاد. این روند افزایشی ممکن است به دلیل شکل نانو ویتامین E مورد استفاده باشد. در مطالعه حاضر، تیمار ۳ (غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم ویتامین E) که بیشترین سطح این ویتامین را داشت، نسبت به تیمار ۲، میزان ایمونوگلوبولین کمتری تولید کرد، اما نمی‌توان به طور دقیق دلیل پائین بودن میزان تولید ایمونوگلوبولین در تیمار ۳ را بیان داشت و شاید عواملی همچون وزن ماهیان تحت تیمار، غلظت و ترکیب شیمیایی نانو ذرات مورد

(ساده و نانوذرات) افزایش می‌یابد و غنی‌سازی جیره با نانوذرات سبب می‌شود که میزان رشد ویژه در مقایسه با شکل ساده آن، افزایش بیشتری نشان دهد و در برخی حالات (شرایط) به دو برابر برسد. روی هم رفته، در غلظت‌های کم نانوذرات اکسید روی (۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) میزان نرخ رشد ویژه مشابه غلظت‌های بالاتر یعنی ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسید روی ساده بود و غلظت ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذرات اکسید روی، بالاترین میزان نرخ رشد ویژه را که چهار برابر شاهد بود، نشان داد. مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از نانوذرات در مقادیر کمتر از شکل ساده آنها، شاخص‌های رشد را بهبود می‌بخشد (Rather et al. 2011; Rajendran, 2013). در مطالعه Faiz و همکاران (۲۰۱۵) در شاخص افزایش وزن بدن تفاوت معنی‌داری در ماهیان تغذیه شده با روی در مقایسه با جیره‌های فاقد روی مشاهده شد و ماهیان تغذیه شده با نانوذرات روی، رشد بیشتری را در مقایسه با اکسید روی نشان دادند. حضور اکسید روی به شکل نانو ممکن است خوش‌خوراکی غذا را افزایش داده و همچنین تسهیل کننده عبور ذرات در بافت‌ها و غشای سلولی است. نانوذرات روی کارایی عنصر روی را با بهبود جذب و قابلیت دسترسی زیستی آن در لوله گوارش افزایش می‌دهد (Onuegbu et al. 2018). در مطالعه Kumar و همکاران (۲۰۱۸) نانو ذرات روی در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره، سبب رشد بهتر ماهیان پنگوسی (*Pangasius hypophthalmus*) شد، اما غلظت ۲۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره، توقف رشد این ماهی را به همراه داشت. نقش روی در تولید هورمون رشد اثبات شده است (Imamoglu et al. 2005). بنابراین، اثر مثبت نانوذرات روی بر رشد ممکن است مشارکت در رشد سوماتیک با تحریک تولید DNA و RNA و تقسیم سلولی باشد (Siklar et al. 2003). در مطالعه حاضر، میزان بقا در تیمارها با روند افزایشی مواجه بود، اما تغییرات معنی‌دار نداشت. این نتایج، با

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

حیدری کاهکش، غ.، چله مال دزفول نژاد، م. ۱۳۹۶. کارائی رشد ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) در مواجهه با نانو ذرات اکسید روی. اکولوژی تالاب ۳۲: ۲۶-۱۹.
سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۳۹۸-۱۳۹۳. انتشارات سازمان شیلات ایران، ۶۴ ص.

Alishahi, A., Mirvaghefi, A., Tehrani, M.R., Farahmand, F.A., Shojaosadati, S.A., Dorkoosh, F.A. 2011. Shelf life and delivery enhancement of vitamin C using chitosan nanoparticles. Food Chemistry 126: 935-940.
Astete, C.E., Dolliver, D., Whaley, M., Khachatryan, L., Sabliov, C. 2011. Antioxidant poly (lactic-co-glycolic) acid nanoparticles made with α -tocopherol-ascorbic acid surfactant. ACS Nano 5: 9313-9325.
Davis, D.A., Gatlin, D.M. 1996. Dietary mineral requirements of fish and marine crustaceans. Reviews in Fisheries Science 4: 77-99.
Faiz, H., Zuberi, A., Nazir, S., Rauf, M., Younus, N. 2015. Zinc oxide, zinc Sulfate and zinc oxide nanoparticles as source of dietary zinc: comparative effects on growth and hematological indices of juvenile Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). International Journal of Agriculture and Biology 17: 568-574.
FAO. 2016. FAO Yearbook of fishery statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 225 p.
Ghafari Farsani, H., Binde Doria, H., Jamali, S., Hasanpour, N., Mehdipour, Rashidiyan, G. 2017. The protective role of vitamin E on *Oreochromis niloticus* exposed to

استفاده و دیگر عوامل در این امر دخیل باشند. با وجود تعداد مطالعات کم پیرامون اثرات نانوذرات اکسید روی و غنی‌سازی ویتامین E در جیره ماهی (Ghafari Farsani et al. 2017)، انجام مطالعات تکمیلی درباره اختلاف اثر این ویتامین در ترکیب با نانوذرات سولفات روی، ضروری است. با توجه به نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌شود به منظور افزایش فراسنجه‌های رشد بچه‌ماهیان کپور معمولی، از تیمار سوم و برای بهبود شاخص‌های ایمنی (IgM) از تیمار دوم در مراحل پرورش استفاده شود.

ZnO-NP. Ecotoxicology and Environmental Safety 145: 1-7.
Halver, J., Hardy, R. 2002. Fish Nutrition. Academic Press 839 p.
Hung, S.S.O., Lutes, P.B., Storebakken, T. 1989. Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) subyearling at different feeding rates. Aquaculture 80: 147-153.
Imamoglu, S., Bereket, A., Turan, S., Tagaand, Y., Haklar, G. 2005. Effect of zinc supplementation on growth hormone secretion, IGF-I, IGFBP-3, somatomedin generation, alkaline phosphatase, osteocalcin and growth in prepubertal children with idiopathic short stature. Pediatric Endocrinol Metabolism 18: 69-74.
Jeng, S.S., Sun, L.T. 1981. Effects of dietary zinc levels on zinc concentrations in tissues of common carp. Nutrition 111: 134-140.
Keen, C.L., Uriu-Adams, J.Y., Ensuma, J.L., Gershwin, M.E. 2004. Trace elements/minerals and immunity. In: Gershwin, M.E., Nestel, P., Keen, C.L., editors. Handbook of Nutrition and Immunity. Humana Totowa, NJ, 365 p.
Khan, K.U., Zuberi, A., Nazir, S., Ullah, I., Jamil, Z., Sarwar, H. 2017. Synergistic effects of dietary nano selenium and vitamin C on growth, feeding, and

- physiological parameters of mahseer fish (*Tor putitora*). *Aquaculture Reports* 5: 70-75.
- Khan, M.Z.H., Hossain, M.M.M., Khan, M., Ali, M.S., Aktar, S., Moniruzzaman, M., Khan, M. 2020. Influence of nanoparticle-based nano-nutrients on the growth performance and physiological parameters in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *RSC Advances* 10: 29918-29922.
- Kumar, N., Krishnani, K.K., Singh, N.P. 2018. Effect of Dietary zinc-nanoparticles on growth performance, anti-oxidative and immunological status of fish reared under multiple stressors. *Biological Trace Element Research* 186: 267-278.
- Li, P., Gatlin, D.M. 2009. Dietary vitamin E requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture Nutrition* 15: 313-319.
- Liang, J.J., H.J. Yang, Y.J. Liu, L.X. Tian., G.Y. Liang. 2012. Dietary requirement of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) based on growth and mineralization. *Aquaculture Nutrition* 18: 380-387.
- Lonnerdal, B. 2000. Dietary factors influencing zinc absorption. *Nutrition* 130: 1378-1383.
- Lovell, R.T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostra and Reinhoil New York, 260 p.
- Luo, Y.H., Chang, L.W., Lin, P. 2015. Metal-based nanoparticles and the immune system: activation, inflammation and potential applications. *BioMed Research International* 1-12.
- Naderi, M., Keyvanshokoh, S., Salati. A.P., Ghaedi, A. 2017. Proteomic analysis of liver tissue from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under high rearing density after administration of dietary vitamin E and selenium nanoparticles. *Comparative Biochemistry and Physiology* 22D: 10-19.
- NRC. 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academy Press, Washington, DC, 392 p.
- Onuegbu, C.U., Aggarwal, A., Singh, N.B. 2018. ZnO nanoparticles as feed supplement on growth performance of cultured African catfish fingerlings. *Scientific Industries Researches* 77: 213-218.
- Rahman, R.M. 2018. Evaluation of the effects of dietary vitamin C, E and zinc supplementation on growth performances and survival rate of Rohu, *Labeo rohita*. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 11: 68-74.
- Rajendran, D. 2013. Application of nano minerals in animal production system. *Research Journal of Biotechnology* 8: 13.
- Rather, M.A., Sharma, R., Aklakur, M., Ahmad, S., Kumar, N., Khan, M., Ramya, V.L. 2011. Nanotechnology: a novel tool for aquaculture and fisheries development. A prospective mini-review. *Fisheries and Aquaculture* 16: 1-5.
- Shearer, K.D., Houle, C.R. 1983. High zinc supplementation of rainbow trout diets. *The Progressive Fish-Culturist* 45: 144-147.
- Siklar, Z., Tuna, C., Dallar, Y., Tanyer, G. 2003. Zinc deficiency: a contributing factor of short stature in growth hormone deficient children. *Tropical Pediatrics* 49: 187-188.
- Swain, P., Das, R., Das, A., Padhi, S.K., Das, K.C., Mishra, S.S. 2018. Effects of dietary zinc oxide and selenium nanoparticles on growth performance, immune responses and enzyme activity in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquaculture Nutrition* 27: 1-9.
- Taheri, S., Banaee, M., Haghi, B.N., Mohiseni, M. 2017. Effects of dietary supplementation of zinc oxide nanoparticles on some biochemical biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Biology* 5: 286-294.

- Tan, B., Mai, K. 2001. Zinc methionine and zinc sulfate as sources of dietary zinc for juvenile abalone. *Haliotis discus hannai* Ino. Aquaculture 192: 67-84.
- Tawfik, M.M.M., Moustafa, M.M., Abumourad, I.M.K., El-Meliegy, EM. Refai, M.K. 2017. Evaluation of Nano Zinc Oxide feed additive on tilapia Growth and Immunity. 15th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes, Greece.
- Thangapandiyam, S., Monika, S. 2020. Green synthesized zinc oxide nanoparticles as feed additives to improve growth, biochemical, and hematological parameters in freshwater fish *Labeo rohita*. Biological Trace Element Research 195: 636-647.
- Yildirim-Aksoy, M., Lim, C., Li, M.H., Phillip Klesius, H. 2008. Interaction between dietary levels of vitamins C and E on growth and immune responses in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). Aquaculture Research 39: 1198-1209.