



**ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)**

## The effect of oral nano-iron supplementation on blood factors and liver enzymes in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*

Mahvash Mohammadi-Goordagooni<sup>1</sup>, Rahim Abdi<sup>2\*</sup>, Mohammad Ali Salari-Aliabadi<sup>2</sup>, Rahim Peyghan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduate MSc Student, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

<sup>2</sup> Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

<sup>3</sup> Professor, Department of Clinical Science and Excellence Center of Warm Water Fish Health and Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 2026/01/4

Revised: 2026/04/23

Accepted: 2026/04/23

#### Keywords:

Iron Nanoparticles,  
Blood factors,  
Liver enzymes,  
*Oreochromis niloticus*

\*Corresponding author:

✉ [abdir@kmsu.ac.ir](mailto:abdir@kmsu.ac.ir)

Doi: [10.52547/joc.16.64.2](https://doi.org/10.52547/joc.16.64.2)

ORID: [0000-0003-2737-1373](https://orcid.org/0000-0003-2737-1373)

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Tilapia farming is currently dynamic and expanding worldwide to provide a cost-effective source of animal protein for human communities. Iron plays a vital role in the biogeochemical cycles of the environment, and its main source for fish is through nutrition.

**Methods:** In this study, 120 tilapia fish with an average initial weight of 40-60 grams were randomly divided into 4 groups with three replications. After acclimatization to environmental conditions, they were fed diets containing 0, 50, 100, and 150 mg/kg of iron nanoparticles for 8 weeks. At the end of the course, blood was also taken from the caudal vein while under anesthesia.

**Findings:** The results showed an increase in the total number of red blood cells, white blood cells, hematocrit percentage, hemoglobin concentration, and lymphocytes under the influence of iron nanoparticles, with a significant increase compared to the control group at the  $p < 0.05$  level. Additionally, the liver enzymes of Nile tilapia following the replacement of iron nanoparticles in the diet, at a treatment dose of 150 mg/kg for 8 weeks, were reported to show a significant difference compared to the control group at the  $p < 0.05$  level. Therefore, the use of iron nanoparticles improved the health and survival of fish and did not have a negative effect on the liver.

**Conclusion:** Improving hematological indicators creates better living conditions for this fish and has the potential to be an alternative source for iron deficiency. After completing the usual steps of studying the blood samples, liver enzyme tests were also performed.



NUMBER OF TABLES

2



NUMBER OF FIGURES

4



NUMBER OF REFERENCES

33

## مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

تأثیر تجویز خوراکی نانوذره آهن بر فاکتورهای خونی و آنزیم‌های کبدی در تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*)مهوش محمدی گوردآگونی<sup>۱</sup>، رحیم عبدی\*<sup>۲</sup>، محمد علی سالاری علی آبادی<sup>۲</sup>، رحیم پیغان<sup>۳</sup><sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران<sup>۲</sup> استاد، گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران<sup>۳</sup> استاد، گروه علوم درمانگاهی و قطب علمی بهداشت ماهیان گرمابی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

## اطلاعات مقاله

## چکیده

**پیشینه و اهداف:** در حال حاضر پرورش تیلاپیا در یک وضعیت پویا و در حال گسترش در سراسر جهان می باشد تا منبعی مقرون به صرفه از پروتئین حیوانی را برای جوامع انسانی فراهم کند. آهن نقش مهمی در چرخه های بیوزئوشیمیایی محیط زیست داشته و منبع اصلی آن برای ماهی ها از طریق تغذیه تامین می شود.

**روش ها:** در این مطالعه تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی تیلاپیا با میانگین وزن اولیه ۶۰-۴۰ گرم به طور تصادفی به ۴ گروه با سه تکرار بعد از سازگار شدن با شرایط محیط، به مدت ۸ هفته با جیره های حاوی صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم نانوذره آهن تغذیه شدند. در پایان دوره ضمن بیهوشی خونگیری از ورید ساقه دمی نیز انجام گرفت. پس از انجام مراحل معمول مطالعه نمونه های خونی آزمایشات آنزیم های کبدی نیز انجام گرفت.

**یافته ها:** نتایج حاکی از افزایش تعداد کل گلبول های قرمز، گلبول های سفید، درصد هماتوکریت، غلظت هموگلوبین و لنفوسیت تحت تاثیر خوراکی نانوذره آهن و افزایش معنی دار نسبت به گروه کنترل در سطح  $p < 0.05$  بود. همچنین آنزیم های کبدی تیلاپیا نیل به دنبال جایگزینی نانوذره آهن در جیره غذایی در تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم در مدت ۸ هفته نسبت به گروه کنترل دارای اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  گزارش گردید. **نتیجه گیری:** بنابر این تحقیق استفاده از نانو ذرات آهن سبب بهبود سلامت و بقای ماهیان شده و اثر منفی بر کبد نداشت. بهبود شاخص های خون شناسی شرایط زیستی بهتری برای این ماهی ایجاد و دارای قابلیت هایی که منبع جایگزینی برای رفع کمبود آهن می باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴  
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۵/۲/۳  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۳

## واژگان کلیدی:

نانوذره آهن،  
فاکتورهای خونی،  
آنزیم های کبدی،  
تیلاپیا نیل.

\*نویسنده مسئول

✉ [abdir@kmsu.ac.ir](mailto:abdir@kmsu.ac.ir)

Doi: 10.52547/joc.16.64.2

ORID:0000-0003-2737-1373

## مقدمه

اندازه، سطح پوشش دهی و مسیر ورود، تأثیرات متفاوتی بر کبد دارند [10]. بسیاری از نانوذرات پس از وارد شدن به جریان خون، توسط سیستم رتیکیولوآندوتیالی جذب شده و در کبد تجمع می‌یابند. تحقیقات روی ماهی نشان می‌دهند که مصرف خوراکی نانوذرات اکسید آهن منجر به افزایش سطح آهن در کبد می‌شود [11]. با توجه به اینکه تیلپایا نیل به دلیل تقاضای زیاد، رشد سریع و قیمت مناسب، جایگاه مهمی را از نظر اهمیت به عنوان موجود آبی تغذیه ای در جهان به خود اختصاص داد لذا در این پژوهش سعی شده تا با مطالعه بررسی اثرات تجویز خوراکی نانوذرات آهن بر فاکتورهای خونی و آنزیم‌های کبدی در مزارع ماهیان و صنعت آبی پروری کشور گامی موثر در این زمینه برداشته شود.

## روش پژوهش

تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی تیلپایا با میانگین وزن اولیه ۶۰-۴۰ گرم به طور تصادفی به ۴ گروه با سه تکرار تقسیم بندی شدند. ماهیان بعد از سازگار شدن با شرایط محیط، به مدت ۸ هفته با جیره‌های حاوی صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذره آهن (فن‌آور سپهر پارمیس، تهران، ایران) سه بار در روز یعنی صبح، بعداز ظهر و عصر تا زمان سیر شدن تغذیه شدند [12]. جهت اندازه گیری فاکتورهای فیزیوشیمیایی آب از دستگاه کالریمتر هک (مدل ۸۹، شرکت هک، آمریکا) و pH متر (مدل ۷۸۱، شرکت متروهم، سوییس) استفاده شد. نمونه ماهیان تیلپایا تهیه شده که از لحاظ قد و وزن تقریباً یکسان بوده، جهت سازگاری با محیط به مدت دو هفته در وان های ۵۰۰ لیتری نگهداری شدند (شکل ۱) [13]. در ابتدا هر یک از اجزاء جیره غذایی در مرحله اول به خوبی با یکدیگر مخلوط شدند و با در نظر گرفتن میزان دقیق وزن اجزاء در مرحله بعد با افزودن مقداری آب توسط همزن برقی به شکل خمیر درآورده شدند. در مرحله بعد رشته‌های دراز جیره‌های غذایی با استفاده از یک چرخ گوشت با سوراخ‌های خروجی به قطر ۲ میلی‌متر حاصل گردید [14]. پس از خشک شدن در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت، به قرص‌هایی با اندازه دهان بچه ماهی‌ها (۲ میلی‌متر) تبدیل شدند. برای محافظت از دگرگونی‌های احتمالی، جیره‌های غذایی خشک در محیط خنک و به دور از نور خورشید، و جیره‌های غذایی مایع در فریزر و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [15]. ماهی‌ها بعد از سازگار شدن با شرایط محیط، به مدت ۸ هفته با جیره‌های حاوی صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذره آهن تغذیه شدند. جیره غذایی پایه برای نمونه شاهد در نظر گرفته شد. تعویض آب یکبار در روز و از یک سوم کف آکواریوم‌ها انجام می‌گرفت [16]. در کل دوره پرورش شرایط فیزیوشیمیایی آب مورد سنجش قرار می‌گرفت (جدول ۲). پس از دوره آزمایش و بیهوش نمودن ماهی‌ها با قرار دادن آن‌ها در محلول گل میخک به میزان ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر، خون گیری به وسیله سرنگ و سرسوزن شماره ۲۱ از طریق ورید ساقه دم به میزان ۲ سی‌سی صورت گرفت [17]. نمونه های خون پس از جمع آوری در تیوب های اپندورف حاوی ماده ضد انعقاد قرار گرفتند. جهت اندازه گیری شاخص های خونی شامل تعداد گلبول های قرمز (RBC) و سفید (WBC)، هموگلوبین (Hb)،

تیلپایا یکی از مهمترین گونه های آبی پروری و در بیش از صد کشور دنیا تولید می‌شود. ماهی تیلپایا نیل، *Oreochromis niloticus* به یکی از پر فروش ترین ماهی ها در آبی پروری تبدیل شده است. پرورش تیلپایا در حال حاضر در یک وضعیت پویا و در حال گسترش در سراسر جهان است تا تقاضای بازارهای داخلی و بین المللی را برآورده و منبعی مقرون به صرفه از پروتئین حیوانی را فراهم کند. ماهی تیلپایا از خانواده سیکلیدها می‌باشد و از دیگر خانواده‌های ماهیان استخوانی به راحتی قابل تشخیص است [1]. ارزش غذایی غذاهای طبیعی در استخر های پرورش ماهی تیلپایا از اهمیت ویژه ای برخوردار است به طوری که، در استخرهای های پرورشی مواد مغذی طبیعی موجود در آب می‌توانند حدود یک سوم از مواد مغذی مورد نیاز برای رشد ماهی تیلپایا را تامین کنند [2, 3]. به طور کلی از نظر تغذیه ای تیلپایا رژیم غذایی بر مبنای حیوانی را به راحتی هضم کرده و جیره گیاهی را به خوبی هضم و جذب می‌کند به خصوص اگر فیبر بالایی داشته باشد. البته این ماهی نیز به همان ده اسید آمینه ضروری نیاز داشته که سایر ماهیان هیدروپونیک معمولاً برای رشد به آن نیاز دارند و مقدار مورد نیاز مانند سایر ماهیان گزارش شده است [4]. نانوذرات به موادی تلقی می‌گردد که دارای اندازه بین یک تا صد نانومتر می‌باشند. این کاهش اندازه سبب تغییر در خصوصیات ماده شده و خواص جدید و بهبود یافته ای را به آن‌ها می‌بخشد. اندازه بسیار کوچک این ذرات به آنها اجازه می‌دهد که بتوانند به راحتی وارد بافت‌ها، سلول‌ها و حتی اندامک‌های داخل سلولی شوند [5]. در میان انواع نانوذرات، نانو ذرات آهن بنابر خصوصیات منحصر بفرد کوانتومی، مکانیکی، فیزیکی، نوری، دمایی، الکتریکی، توان کاتالیکی بالا، کارآمدی اندازه ذره و نیز نسبت سطح به حجم همواره در کانون توجه بوده و در سطح وسیعی برای کاربردهایی متنوعی در علوم زیستی مورد استفاده قرار گرفته است. نانوذرات اکسید آهن در کاربردهای مختلف مانند مغناطیسی، الکتروشیمیایی، حسگر گاز، ذخیره انرژی، درمان سرطان و درمان های زیست پزشکی نقش عمده ای ایفا می‌کنند. به دلیل خواص نانوذرات آهن، به نانوذرات مغناطیسی معروف هستند [5]. در میان انواع مختلف نانوذرات، اکسید آهن یکی از رایج ترین، طبیعی ترین و دوستدار محیط زیست می‌باشد. آهن نقش مهمی در چرخه های بیوشیمیایی در محیط زیست دارد. بر اساس تحقیقات مختلف، مشخص شده است که منبع اصلی آهن برای ماهی‌ها از طریق تغذیه تامین می‌شود، اما آنها قادرند آهن محلول در آب را از طریق آبشش و موکوس روده نیز جذب کنند [7]. برخی مطالعات نشان می‌دهد که قرار گرفتن ماهی در معرض نانوذرات منجر به افزایش تعداد گلبول‌های قرمز می‌شود، در حالی که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم باعث کاهش این گلبول‌ها و هموگلوبین می‌گردند [8]. در ماهی‌های کپور و کلمه، نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم منجر به کاهش هماتوکریت و هموگلوبین می‌شود که علامتی از کم‌خونی و مشکل در انتقال اکسیژن است [9]. در مورد اثر نانوذرات آهن بر کبد، مطالعات علمی نشان می‌دهند که این مواد خصوصاً نانوذرات اکسید آهن، بسته به دوز، مدت تماس،

جدول ۲: فاکتورهای فیزیکیوشیمیایی آب آکواریوم های مورد استفاده در طی دوره پرورش

pH	شوری [ppt]	دما [°C]	اکسیژن محلول [mL L <sup>-1</sup> ]
۷±/۰۵	۵۰±۱	۲۴±۱	۱±/۰۵

### نتایج و بحث

بر اساس جدول ۱ تعداد گلبول های قرمز خون به دنبال جایگزینی نانو ذره آهن به جیره غذایی در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده گردید ( $p < 0.05$ ). از لحاظ درصد هماتو کریت (HCT) تمام تیمار های آزمایشی افزایش معنا داری نسبت به دیگر گروه ها نشان دادند. ( $p < 0.05$ ). با اندازه گیری حجم متوسط هموگلوبین خون (MCV) در تیمار های آزمایشی تغذیه شده با نانو ذره آهن در تیمار ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در میلی لیتر نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p > 0.05$ ). همچنین در میزان MCH و MCHC در هیچ یک از تیمار ها نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده نگردید ( $p > 0.05$ ). تعداد گلبول های قرمز خون به دنبال جایگزینی نانو ذره آهن به جیره غذایی در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده گردید ( $p < 0.05$ ). درصد لنفوسیت در تیمار های تغذیه شده با نانو ذرات آهن تاثیر در تیمار های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم اختلاف معنی داری نسبت به گروه شاهد مشاهده شد. هیچ یک از تیمار ها میزان مونوسیت ها را تحت تاثیر قرار نداده و هیچ یک از گروه های تغذیه شده با نانو ذرات نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی داری نداشت ( $p > 0.05$ ). همچنین بیشترین میزان نوتروفیل در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم و در تیمار های آزمایشی اختلاف معنی داری با گروه شاهد را نشان ندادند ( $p > 0.05$ ).

هماتو کریت (Hct)، متوسط حجم هر گلبول قرمز (MCV)، متوسط میزان هموگلوبین به ازای هر گلبول قرمز (MCH)، متوسط غلظت هموگلوبین به ازای هر گلبول قرمز (MCHC) و لنفوسیت، مونوسیت و نوتروفیل مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای شمارش گلبول های سفید از رقیق سازی ۲۰ میکرولیتر خون در ۰/۴ میلی لیتر محلول Lewis و بررسی نمونه روی لام نئوبار انجام و سپس عدد به دست آمده در ۵۰ ضرب شد تا تعداد گلبول های سفید در هر میلی متر مکعب خون تعیین شود. شمارش گلبول های قرمز پس از رقیق سازی نمونه خون به نسبت ۱ به ۲۰۰ در محلول Lewis، در مربع میانی لام نئوبار انجام و برای تعیین تعداد گلبول های قرمز در هر میلی متر مکعب خون عدد حاصله در ۱۰,۰۰۰ ضرب گردید [18]. سنجش هموگلوبین از روش سیانومت هموگلوبین انجام گرفت، بدین ترتیب که پس از حل کردن ۲۰ میکرولیتر نمونه خون در ۵ میلی لیتر محلول درابکین و قرار دادن نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی، قرائت شاخص جذب نوری در طول موج ۵۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه گیری و مقایسه شاخص جذب با منحنی استاندارد انجام گرفت و نتیجه نهایی با واحد گرم در دسی لیتر گزارش شد [19]. برای تعیین هماتو کریت از روش میکروهماتو کریت استفاده شد. لوله های هماتو کریت حاوی خون به صورت متقارن در میکروسانتریفیوژ قرار داده شدند و پس از ۵ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۱۴۰۰ دور در دقیقه اندازه گیری فاز جدا شده گلبول های قرمز در لوله های میکروهماتو کریت به وسیله خط کش مخصوص انجام و مقدار هماتو کریت بر حسب درصد تعیین شد [20]. همچنین شاخص های MCV، MCH، MCHC براساس داده های حاصل از شمارش گلبول های قرمز و سنجش هموگلوبین و هماتو کریت، با استفاده از روابط زیر اندازه گیری شدند [21].

$$MCV (fL) = (PCV) / RBC \text{ (in millions)}$$

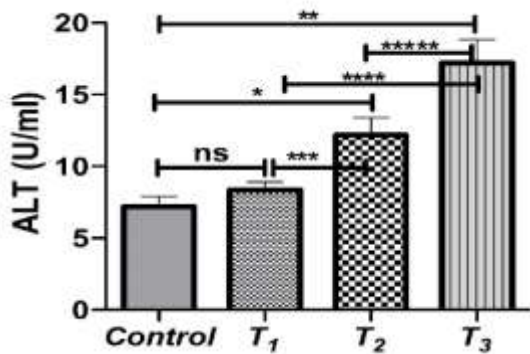
$$MCH (pg) / cell = (Hb * 10) / RBC \text{ (in millions)}$$

$$MCHC (g/dL) = Hb / hematocrit$$

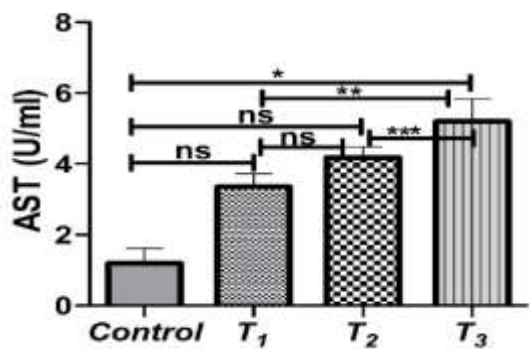
همچنین برای مقایسه آماری گروه های مختلف از آزمون واریانس یک طرفه و برای مقایسه دو به دوی تیمار ها از آزمون توکی استفاده شد. جهت آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) از نرم افزار های SPSS، پرسمم 11.5 و Excel جهت رسم نمودارها استفاده شده و معنی داری اختلاف داده ها نیز در سطح خطای ۵٪ (۰/۰۵) مورد بررسی قرار گرفت [22].



شکل ۱: ماهی تیلاپیا نیل مورد استفاده گروه کنترل



شکل ۳: Mean±SEM آنزیم ALT کبد تیلپایای نیل بر حسب (واحد بر میلی گرم پروتئین) به دنبال جایگزینی نانوذره آهن در جیره غذایی در تیمارهای مختلف در مدت ۸ هفته (حروف متفاوت در هر ردیف نشان از اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  می باشد).

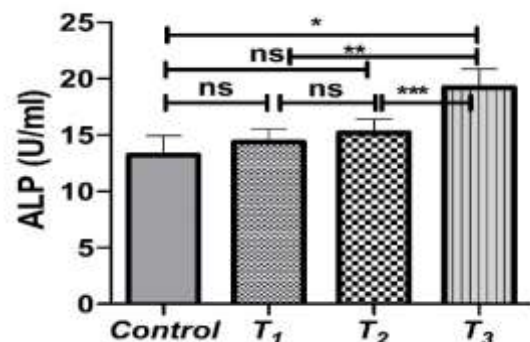


شکل ۴: Mean±SEM آنزیم AST کبد تیلپایای نیل بر حسب (واحد بر میلی گرم پروتئین) به دنبال جایگزینی نانوذره آهن در جیره غذایی در تیمارهای مختلف در مدت ۸ هفته (حروف متفاوت در هر ردیف نشان از اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  می باشد).

یکی از نهاده‌های اولیه در پرورش ماهی خوراک آن می باشد که باید برای تضمین ایمنی و سلامت مطلوب ماهی و به منظور به حداکثر رساندن مزایای آن در سیستم پرورشی از آن استفاده شود. کیفیت نامطلوب خوراک می‌تواند عملکرد اصلاحی را تضعیف و هزینه‌های تولید را افزایش دهد از این رو محققین سعی دارند با استفاده از افزودنی‌های غذایی متنوع کیفیت غذا را افزایش دهند [23]: نانوذرات، به دلیل اندازه کوچک و سطح بیشتر، پتانسیل بسیار زیادی در کاربردهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی دارند. در دهه های اخیر از این مواد کاربرد فراوانی در زمینه بیولوژیکی از جمله آبی‌پروری استفاده شده است [24]: بهبود تغذیه ای آبزیان بویژه به منظور افزایش سیستم ایمنی از طریق مکمل‌های غذایی همواره در اولویت قرار دارد در مطالعات متعدد ثابت شده است که نانوذرات فلزی (NPS) تأثیر مثبتی بر توسعه تغذیه در آبی‌پروری دارند. به عنوان مثال

جدول ۲: شاخص های خونی تیلپایای نیل به دنبال جایگزینی نانوذره آهن به جیره غذایی در تیمارهای مختلف در مدت ۸ هفته (حروف متفاوت در هر ردیف نشان از اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  می باشد). (T1: جیره حاوی ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا نانوذره آهن، T2: جیره حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا نانوذره آهن، T3: جیره حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا نانوذره آهن).

فاکتور	Control	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
RBC ( $\times 10^3$ /mm)	۳/۲۴±۰/۱۸ <sup>a</sup>	۵/۶۲±۰/۶۱ <sup>a</sup>	۷/۲۶±۰/۷۸ <sup>b</sup>	۹/۳۶±۰/۸۳ <sup>b</sup>
WBC ( $\times 10^2$ /mm)	۱۱/۱±۲۳/۴۴ <sup>a</sup>	۱۲/۱±۴۲/۷۴ <sup>a</sup>	۱۴/۱±۵۸/۱۱ <sup>a</sup>	۱۷/۱±۵۷/۹۱ <sup>b</sup>
HCT (%)	۲۴/۱۱±۱/۹۳ <sup>a</sup>	۲۷/۲۲±۱/۳۸ <sup>b</sup>	۳۱/۴۵±۳/۸۸ <sup>c</sup>	۳۶/۱۱±۱/۶۲ <sup>d</sup>
HB (gr/dl)	۹/۴۴±۰/۸۳ <sup>a</sup>	۱۱/۳۳±۱/۲۶ <sup>a</sup>	۱۳/۶۶±۱/۸۴ <sup>b</sup>	۱۶/۴۲±۱/۷۳ <sup>b</sup>
MCV (fl)	۱۱۹/۲۱±۲/۳۸ <sup>a</sup>	۱۱۴/۴۴±۳/۵۴ <sup>a</sup>	۹۹/۳۳±۹/۷۴ <sup>b</sup>	۸۶/۸۸±۸/۴۱ <sup>b</sup>
MCH (pg)	۵۵/۵۴±۵/۱۷ <sup>a</sup>	۵۸/۴۴±۲۷/۸۸ <sup>a</sup>	۶۱/۵۷±۶/۷۷ <sup>a</sup>	۶۴/۳۲±۶/۵۱ <sup>a</sup>
MCHC (gr)	۲۳/۳۲±۲/۴۴ <sup>a</sup>	۲۴/۱۹±۲/۱۴ <sup>a</sup>	۲۵/۲۳±۲/۲۷ <sup>a</sup>	۲۶/۳۳±۲/۱۸ <sup>a</sup>
لنفوسیت (%)	۶۳/۱۴±۶/۷۱ <sup>a</sup>	۵۹/۱۳±۵/۲۵ <sup>a</sup>	۵۶/۲۱±۵/۱۱ <sup>b</sup>	۵۲/۳۳±۵/۲۹ <sup>b</sup>
مونوسیت (%)	۱/۳۱±۰/۴۲ <sup>a</sup>	۲/۳۲±۰/۵۵ <sup>a</sup>	۳/۶۳±۰/۳۵ <sup>a</sup>	۴/۱۱±۰/۱۹ <sup>a</sup>
نوتروفیل (%)	۱۸/۱۴±۱/۲۳ <sup>a</sup>	۲۱/۲۶±۱/۴۳ <sup>a</sup>	۲۳/۳۴±۱/۷۷ <sup>a</sup>	۲۵/۲۱±۱/۵۳ <sup>a</sup>



شکل ۲: Mean±SEM آنزیم ALP کبد تیلپایای نیل بر حسب (واحد بر میلی گرم پروتئین) به دنبال جایگزینی نانوذره آهن در جیره غذایی در تیمارهای مختلف در مدت ۸ هفته (حروف متفاوت در هر ردیف نشان از اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  می باشد).

همان گونه که از اشکال ۲-۴ مشاهده می گردد آنزیم های کبدی تیلپایای نیل بر حسب (واحد بر میلی گرم پروتئین) به دنبال جایگزینی نانوذره آهن در جیره غذایی در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم در مدت ۸ هفته نسبت به گروه کنترل دارای اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  گزارش گردید. همچنین در تمام تیمارها مقدار آنزیم ها در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم نسبت به تیمار ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  مشاهده گردید. بر این اساس در تمامی تیمارهای آزمایشی بین گروه کنترل و تیمار ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  مشاهده نگردید (اشکال ۲-۴).

پلاسمایی سلول های کبدی و آسیب سلولی ناشی از قرار گرفتن در معرض نانو ذرات باشد. بنابراین اندازه گیری و نظارت بر نشت آنزیم های کبدی به جریان خون ابزار بسیار مفیدی برای بررسی آسیب کبدی ناشی از نانوذرات می باشد [31]. بر اساس نتایج بدست آمده آنزیم های کبدی تیلاپیا ی نیل به دنبال جایگزینی نانوذره آهن در جیره غذایی در تیمار ۱۵۰ میلی گرم در مدت ۸ هفته نسبت به گروه شاهد، اختلاف معنی داری در سطح  $p < 0.05$  مشاهده گردید. اثرات نانوذرات آهن بر عملکرد رشد، بقا، برخی فاکتورهای خونی \_ ایمنی و بافت کبد بچه ماهی ازون برون را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه میزان آنزیم های کبدی ضمن افزایش نسبت به گروه کنترل اما تفاوت معنی داری در بین گروه ها نسبت به گروه کنترل مشاهده نگردید [32]. در مطالعه ای مشابه به مطالعه حاضر، کاکاوند و همکاران (۲۰۲۰) در این مطالعه نشان داد که سطوح سرمی ALT و ALP در گروه تیمار ترکیبی (AgNPs و قارچ) در غلظت ۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم برخلاف گروه کنترل به طور معنی داری کاهش یافت. در گروه تیمار ترکیبی (AgNPs و قارچ) سطح AST سرم در غلظت های ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم و ۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم به طور معنی داری کاهش یافته اما در غلظت ۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم نسبت به گروه کنترل افزایش یافت [33].

## منابع

- [1] Kord, S.; Abdi, R.; Zamani, I.; Peyghan, R., (2024). The effect of replacing red algae on histomorphology and enzymes of digestive tract of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquac. Anim. Nutr., 10(1): 1-14. (Persian).
- [2] Afshari, A.; Sourinejad, I.; Gharaei, A.; Johari, S.A.; Ghasemi, Z., (2021). The effects of diet supplementation with inorganic and nanoparticulate iron and copper on growth performance, blood biochemical parameters, antioxidant response and immune function of snow trout *Schizothorax zarudnyi* (Nikolskii, 1897) Aquac., 539:736638.
- [3] Matrodzadeh, M.; Abdi, R.; Basir, Z.; Peyghan, R.; 2023. Histological and enzymatic study of the liver of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during the replacement of blood powder instead of fish meal in the diet. J. of Oceano., 14 (53): 69-78.
- [4] Akter, N.; Alam, J.; Jewel, A.; Khatun, S.; Akter, S.; 2018. Evaluation of Dietary Metallic Iron Nanoparticles as Feed Additive for Growth and Physiology of Bagridae Catfish (*Clarias Batrachus* Linnaeus, 1758). Int. J. Fish. Aquat. Stud., 6:

نانوذرات آهن سبب بهبود رشد و افزایش غلظت آهن در عضلات ماهی کپور شده است [25]. به علت دسترسی آسان به خون بررسی وضعیت فیزیولوژیکی ماهی را می توان با ارزیابی های هماتولوژیکی آن تعیین کرد. افزودن آهن می تواند تأثیر قابل توجهی بر پارامترهای خون شناسی ماهی داشته باشد و می تواند به عنوان شاخصی برای نیاز به آهن باشد. مشخص گردید که ماهیانی که رژیم غذایی حاوی نانوذرات آهن را دریافت می کردند شاهد افزایش قابل توجهی در سطح هموگلوبین و کاهش شدید در میزان مرگ و میر گزارش گردید [26]. در مطالعه ای دریافتند که استفاده از نانوذرات آهن در رژیم غذایی ماهی کپور هندی منجر به افزایش قابل توجه معنی دار در گلبول های قرمز و هموگلوبین شده است [27]. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد میزان RBC، HB، MCV، در ماهی تیلاپیا نیل به دنبال جایگزینی نانوذره آهن به جیره غذایی در تیمار ۱۵۰ میلی گرم به مدت ۸ هفته افزایش معنی داری مشاهده گردید. به طور مشابه در تحقیقی دریافتند که ماهی هایی که رژیم غذایی حاوی نانوذره آهن دریافت کردند افزایش قابل توجه در سطوح اریتروپوئز و هموگلوبین و کاهش شدید در میزان مرگ و میر را گزارش کردند همچنین نشان دادند که تعداد گلبول های قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت در تیمار دریافت کننده نانوذره آهن به طور قابل توجهی نسبت به گروه کنترل افزایش یافت [28]. به طور کلی مشخص گردید که شاخص های خونی وضعیت سلامت ماهی را نشان داده و میزان آهن موجود در غذای ماهیان به عنوان یک شاخص کیفیت سلامتی نشان داده شده است. در خصوص شاخص سلامتی بافت کبد در ماهی مشخص گردید که آنزیم ALP به دلیل فعالیت هیدرولیتیک در سرم به عنوان یک عامل ضد باکتری عمل کرده و سطح آن می تواند در مراحل اولیه بهبود زخم، شرایط استرس به دلیل نقش محافظتی در برابر عوامل بیماری زا و استفاده از محرک های ایمنی مانند نانوذره در رژیم غذایی افزایش یابد [29]. زیرا ALP یک آنزیم کلیدی در عملکرد کبد بوده زیرا کبد عضوی است که با تغییر ساختار مورفولوژیکی این مواد مسئول اصلی متابولیسم مواد غیر زنده می باشد. همچنین ALT و AST آنزیم های کبدی می باشند که تغییر شدید در میزان آنها نشان دهنده آسیب به سلول های کبدی می باشد. مقدار نرمال این آنزیم ها در سلول های کبدی به عوامل زیادی بستگی دارد به این معنی که وقتی سلول ها و غشای کبد آسیب ببینند میزان آنها در جریان خون افزایش یافته که نشان از آسیب به سلول های کبدی می باشد [30]. ALT مختص کبد بوده و تبدیل آلانین به پیرووات و گلوتامات را کاتالیز می کند بنابراین پارامتر مناسب تری برای تشخیص آسیب کبدی می باشد. مطالعات روی گونه های مختلف آبزیان نشان داد که یکی از دلایل افزایش سطح سرمی این آنزیم ها تغییر در نفوذپذیری غشای

- head & caudal peduncle in *Otolithes ruber*, *Huso huso* & *Pangasius hypophthalmus* fish. Iran. J. Aquat. Anim. Health, 7(1): 10-20.
- [15] Mohammady, E.Y.; Soaudy, M.R.; Abdel-Rahman, A.; Abdel-Tawwab, M.; Hassaan, M.S.; 2021. Comparative effects of dietary zinc forms on performance, immunity, and oxidative stress-related gene expression in Nile tilapia. *Oreochromis niloticus* Aquac., 532:736006.
- [16] Płaza, G.A., Chojniak, J., Banat, I.M.; 2014. Biosurfactant mediated biosynthesis of selected metallic nanoparticles. Int J Mol Sci., 15(8):13720–13737.
- [17] Rather, M.A.; Sharma, R.; Aklakur, M.; Ahamad, S.; Kumar, N.; Khan, M.; Ramya, V. L., 2011. Nanotechnology: Anovel tool for aquaculture and fisheries development. Aprospective mini-review, Fisheries Aquacult. J., 16: 1-5.
- [18] Saleh, A.A.; Kirrella, A.A.; Dawood, M.A.O.; Ebeid, T.A., 2019. Effect of dietary inclusion of cumin seed oil on the performance, egg quality, immune response and ovarian development in laying hens under high ambient temperature. J Anim Physiol Anim Nutr., 103(6):1810-7.
- [19] Swain, P.; Das, R.; Das, A.; Padhi, S. K.; Das, K.C.; Mishra, S.S., 2019. Effects of dietary zinc oxide and selenium nanoparticles on growth performance, immune responses and enzyme activity in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). Aquac. Nutr., 25(2): 486-494.
- [20] Torrealba, D.; More-Bayona, J.A.; Wakaruk, J.; Barreda, D.R., 2019. Innate immunity provides biomarkers of health for teleosts exposed to nanoparticles. Front. Immunol., 9:425036.
- [21] Vajargah, M. F. (2021). A review of the physiology and biology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J Aquac Mar Biol*, 10(5), 244-246.
- [22] Vajargah, M. F., & Hedayati, A. (2017). Toxicity Effects of Cadmium in Grass Carp (*Cyprinus carpio*) and Big Head Carp (*Mystus macrocephalus*). *Transylvanian review of systematical and ecological research*, 19(1), 43-48.
- [23] Wang, H.; Zhu, H.; Wang, X.; Li, E.; Du, Z.; Qin, J.; Chen, L., 2018. Comparison of copper bioavailability in copper-methionine, nano-copper oxide and copper sulfate additives in the diet of Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. Aquac., 482:146–154.
- [24] Yalsuyi, A.M.; Vajargah, M.F., 2017. Recent advance on aspect of fisheries: A review. J. Coast. Life Med., 5(4): 141-148.
- [25] Moallem, Z.; Abdi, R.; Movahedinia, A.; Shirali, S.; Salati, A.P., 2015. Gonad histology and gonadosomatic index variations 371-377.
- [5] Ates, M.; Demir, V.; Arslan, Z.; Kaya, H.; Yilmaz, S.; Camas, M., 2016. Chronic exposure of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to iron oxide nanoparticles: Effects of particle morphology on accumulation, elimination, hematology and immune responses. Aquat. Toxicol., 177: 22-32.
- [6] Dawood, MA.; Zommara, M.; Eweedah, N.M.; Helal, A.I., 2020. The evaluation of growth performance, blood health, oxidative status and immune-related gene expression in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed dietary nanoselenium spheres produced by lactic acid bacteria. Aquac., 515:734571.
- [7] Iheanacho, S.C.; Ikwo, N.; Igweze, N.O.; Chukwuidha, C.; Ogueji, E.O.; Onyeneke, R., 2018. Effect of different dietary inclusion levels of melon seed (*Citrullus lanatus*) peel on growth, haematology and histology of *Oreochromis niloticus* juvenile. Turk J Fish Aquat Sci., 18:377–384.
- [8] Kakkar, P.H.; Saxena, R.; Rathee, N., 2011. Water soluble fraction of diesel fuel induced histopathological alterations in the liver of *Channa punctatus*. Toxicol. Int., 18(1): 14-16.
- [9] Kazemi, E.; Sourinejad, I.; Ghaedi, A.; Johari, S.A.; Ghasemi, Z., 2020. Effect of different dietary zinc sources (mineral, nanoparticulate, and organic) on quantitative and qualitative semen attributes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Aquac., 515:734529.
- [10] Khan, M.Z.; Hossain, M.M.; Khan, M.; Ali, M.S.; Aktar, S.; Moniruzzaman, M., 2020. Influence of nanoparticle-based nano-nutrients on the growth performance and physiological parameters in tilapia (*Oreochromis niloticus*) RSC Adv., 10(50):29918–29922.
- [11] Kim, J.H.; Kang, Y.J.; Kim, K.I., 2019. Toxic effects of nitrogenous compounds (ammonia, nitrite, & nitrate) on acute toxicity & antioxidant responses of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Environ. Toxicol. Pharmacol., 67: 73-78.
- [12] Latif, A.; Khalid, M.; Ali, M., 2014. Evaluation of toxic stress of copper sulfate & lead nitrate on hematological & serum biochemical characteristics of freshwater cyprinid (*Labeo rohita*). Int. j. eng. technol., 4(1): 366-372.
- [13] Metwally, M.; Wafeek, M., 2014. Effect of ammonia toxicity on carbohydrate metabolism in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). World J. Fish Mar. Sci., 6 (3): 252-261.
- [14] Mohamed, M.; Abdi, R.; Ronagh, M.T.; Salari- Aliabadi, M.A.; Basir, Z., 2021. Comparative histomorphology of epidermis of

- during gonadal development of wild female *Tenualosa ilisha*. J. Persian Gulf., 6(19): 53-58. (Persian).
- [26] Khodabakhshian, M.; Shirali, S.; Abdi, R., 2022. [Microscopic survey of Balbiani bodies in Yellowfin seabream \(\*Acanthopagrus latus\*\), Abu Mullet \(\*Planiliza abu\*\), Common carp \(\*Cyprinus carpio\*\), and Benni \(\*Barbus sharpeyi\*\)](#). J Anim Res., 34 (4): 375-389. (Persian).
- [27] Hasanzadeh, S.; Abdi, R.; Salari-Aliabadi, M.A.; Movahedinia, A.; Basir, Z., 2018. Comparative histomorphology of esophagus and intestine in two carnivorous and phytoplankton feeder fish of persian gulf. J. Anim. Environ., 10 (4): 381-388.
- [28] Esmaili-Manesh, A.; Abdi, R.; Peyghan, R.; Salari-Aliabadi, M. A., 2025. Hormonal and histopathological alterations in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* exposed to sublethal concentrations of ammonia. Comp Clin Path., 1-11.
- [29] Moradkhani, A.; Abdi, R.; Salari-Aliabadi, M.A.; Nabavi, S.M.B.; Basir, Z., 2020. Quantification and description of gut-associated lymphoid tissue in, shabbout, *Arabibarbus grypus* (actinopterygii: cypriniformes: cyprinidae), in warm and cold seasons. *Acta. Ichthyol. Piscat.*, 50(4): 423-432.
- [30] Roshanfeker, K.; Abdi, R.; Salari- Aliabadi, M.A.; Basir, Z., 2018. The Impact of Spent Mushroom Compost and Fertilizer on Changes of Intestinal Tissue of Cultured Warm Water Species. J. Anim. Physiol. Develop., 4 (43): 11-25. (Persian).
- [31] Asad Seftjani, A.; Abdi, R.; Salari Aliabadi, M. A.; Basir, Z., 2024. Comparative study of the impact of button mushroom compost and chemical fertilizer on some blood biochemical parameters in warm freshwater aquaculture. J. Mar. Sci. Tech., 23(2): 38-48. (Persian).
- [32] Ebrahimi, P.; Changizi, R.; Ghobadi, S.; Shohreh, P.; Vatandoust, S., 2021. Effects of iron nanoparticles on growth performance, survival, some blood-immune factors and liver tissue of *Acipenser stellatus*. J. Aqua. Dev., 14 (4): 1-15
- [33] Kakavand, F.; Hedayati, A.; Nodeh, A.J.; Maddah, S.; Shadegan, M.R., 2020. Toxicological Effects of Silver Nanoparticles on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Avicenna J. Environ. Health Eng., 29: 7(1):1-7.

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**Mahvash Mohammadi-Goordagooni, M.**, Msc, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran



**Abdi, R.**, Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

✉ [abdir@kmsu.ac.ir](mailto:abdir@kmsu.ac.ir)

**orcid: 0000-0003-2737-1373**

**Salari-Aliabadi, M.A.**, Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran



**Peyghan, R.**, Professor, Department of Clinical Sciences and Excellence Center of Warm Water Fish Health and Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran



این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



### HOW TO CITE THIS ARTICLE



<http://doi.org/10.52547/joc.16.64.2>



<http://joc.inio.ac.ir/article-1-1892-fa.html>



<https://orcid.org/0000-0003-2737-1373>



### COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.