مقاله کامل علمی- پژوهشی

بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد نهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۹
۱۰۹-۱۲۱
http://japu.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/japu.2020.16607.1497

بررسی برخی از فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه‌شده با منابع مختلف آهن و روی (نانو ذره)

***حسن صحرایی[۱]، امین اسدی امیرآبادی[۲]، مجید رضایی[۳]، مجتبی پولادی[۴] و سید علی‌اکبر هدایتی[۵]**

[۱]دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس،
[۲]گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران،
[۳]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس،
[۴]دانشجوی دکتری گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۵]دانشیار گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۱۰

چکیده

موفقیت در تمامی سیستم‌های پرورش ماهی نیازمند تغذیه مطلوب به‌منظور رشد مناسب، حفظ سلامت و افزایش مقاومت در برابر عوامل نامناسب محیطی مانند انواع استرس‌ها و بیماری‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که وجود مکمل‌های ویتامینی و معدنی برای بهبود رشد و سلامت بیش‌تر ماهیان به جیره‌های غذایی اضافه می‌گردند. از این‌رو در پژوهش حاضر به بررسی برخی از فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه با منابع مختلف آهن و روی (نانو ذره) پرداخته شده است. برای این منظور ابتدا تعداد ٤٢٠ قطعه ماهی کپور معمولی (با میانگین وزن اولیه ٤/٧±٤٥ گرم) تهیه گردید. سپس ماهیان به‌صورت تصادفی به هفت گروه تقسیم شدند. گروه اول به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد و سایر گروه‌ها به‌ترتیب مقادیر ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکروگرم از نانوذرات آهن و روی را در هر گرم غذا به‌مدت ٦٥ روز دریافت کردند. نتایج حاصل از زیست‌سنجی نشان داد که ماهیان تغذیه‌شده با نانوذرات دارای شاخص‌های رشد بهتری نسبت به ماهیان شاهد بودند. هم‌چنین بهبود شاخص‌های رشد در ماهیان تغذیه‌شده با روی وابسته به غلظت بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین افزایش فاکتورهای رشد مربوط به غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر گرم روی بود، اما این یافته در مورد ماهیان تغذیه‌شده با آهن مشاهده نشد. از نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که افزودن نانو ذرات آهن و روی به جیره غذایی کپور معمولی می‌تواند نقش به‌سزایی در افزایش و بهبود فاکتورهای رشد این ماهی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: جیره غذایی، فاکتورهای رشد، کپور معمولی، نانو ذرات آهن

* مسئول مکاتبه: hasansahraei22@gmail.com

مقدمه

خانواده کپور ماهیان (*Cyprinidae*) بزرگ‌ترین و یکی از مهم‌ترین خانواده‌های ماهی‌های آب شیرین است و تقریباً تمام اعضای آن متعلق به آب شیرین بوده و در صورت زندگی در آب لب‌شور، برای تولید مثل نیازمند ورود به آب شیرین هستند. کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با نام لاتین Common carp سر سلسله خانواده کپورماهیان می‌باشد که جز قدیمی‌ترین گونه از ماهیان اهلی شده جهت پرورش بوده است (بالون، ۲۰۰۶) نوع بومی- وحشی آن با نام‌سازان در آب‌های جنوبی دریای خزر مشاهده می‌شود و نوع پرورشی آن در سراسر کشور پرورش می‌یابد (قلیچی و همکاران، ۲۰۰۹). از میان عمده‌ترین کشورهایی که به پرورش کپورماهیان مشغولند می‌توان چین، هند، بنگلادش، اندونزی، میانمار و ایران را نام برد. دستیابی به تولید اقتصادی کپور معمولی مستلزم استفاده مناسب غذا و ترکیب مناسب اجزای جیره غذایی به شکلی است که بتواند علاوه بر تامین نیازهای اولیه، موجب بهبود شرایط رشد، مقاومت در برابر شرایط نامناسب محیطی، کاهش تلفات، ماهیانی با وزن بالاتر و در نهایت دستیابی به تولیدی بالاتر در شرایط پرورشی گردد.

به‌طور معمول مکمل‌های ویتامینی و معدنی برای بهبود رشد و سلامت بیش‌تر ماهیان به جیره‌های غذایی اضافه می‌گردند (آمار و همکاران، ۲۰۰٤) اغلب موجودات زنده قادر به سنتز عناصر معدنی نبوده و مایحتاج بدن را از راه خوراکی تأمین می‌نمایند. بنابراین فقر جیره غذایی از نظر این مواد با گرفتاری‌های متعددی همراه بوده و اختلالات مهمی هم‌چون آسیب‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی را سبب می‌گردند. البته باید در نظر داشت که مصرف بیش از حد مجاز مواد معدنی به‌عنوان مکمل غذایی خود با مسمومیت‌های غذایی و حتی مرگ آبزیان همراه خواهد شد. بنابراین تعیین حد مجاز مصرف هر یک از این عناصر معدنی ماهیان پرورشی بسیار ضروری خواهد بود (واتانابه و همکاران، ۱۹۹۷).

روی فلزی است که پراکندگی فراوانی در طبیعت داشته و برای عملکرد بسیاری از متالو پروتئین‌ها ضروری است. نانو ذرات اکسید روی دارای اثرات ضد میکروبی بوده و نسبت به نانو ذرات نقره مزایایی دارند، از جمله این مزیت‌ها می‌توان به قیمت پایین‌تر، ظاهر سفید رنگ و توانایی بلوکه کردن اشعه فرابنفش اشاره کرد (لورنز و همکاران، ۲۰۱۲) اثر ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی علیه دسته وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی هم‌چون استافیلوکوکوس اورئوس، انتروکوکوس فکالیس، سالمونلا تایفی موریوم و انترو باکتر آئروژنز بررسی شده و به اثبات رسیده است (کیریشنا و همکاران، ۲۰۱۱).

آهن از جمله عناصر معدنی است که به‌عنوان مکمل معدنی به جیره غذایی ماهی کپور معمولی اضافه می‌گردد. آهن جز ترکیب تمام یاخته‌های بدن می‌باشد و به‌خصوص در کبد و طحال ذخیره می‌شود و لولکوسیت‌ها آن را از کبد و طحال به مغز استخوان انتقال داده که برای ساختن گلوبول‌های قرمز به‌کار می‌رود. آهن برای متابولیسم صحیح ویتامین‌های ب ضروری است. وظایف آهن انتقال اکسیژن در گلوبول‌های قرمز، تولید هموگلوبین خون، مقاومت در برابر استرس و عملکرد صحیح آنزیم‌ها و تقویت سیستم ایمنی می‌باشد. گزارش شده که کمبود آهن در انواع مختلفی از ماهیان موجب کمخونی (گاتلین و ویلسون، ۱۹۸٦) و یا کاهش تخمه‌گشایی تخم ماهیان می‌شود (هیرائو و همکاران، ۱۹۵۵). خواص فیزیکوشیمیایی منحصربه‌فردی که در نانو ذرات اکسید آهن وجود دارد می‌تواند پتانسیل بالایی در کاربردهای زیست‌پزشکی، مکمل‌های غذایی، مواد افزودنی ضدمیکروبی و داروسازی داشته باشد (هوبر،

۲۰۰۵). اخیراً گزارش‌های اولیه نشان داده است که نانو ذرات اکسید آهن می‌تواند قابلیت در دسترس بودن آهن را نسبت به دیگر اشکال آهن در انسان و موش افزایش دهند. علاوه بر آن آهن با مقدار پروتئین در بافت حیوانی در ارتباط است (ایریانتو و آئوستین، ۲۰۰۲). پروچورف و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی اثر نانو آهن بر پارامترهای زیستی ماهی کپور و ماهی خاویاری پرداختند. بهرا و همکاران (۲۰۱۳) نیز طی پژوهشی از نانو آهن به‌عنوان ماده افزودنی به غذای ماهی کپور هندی، *Labeo rohita* استفاده نمودند و پارامترهای ایمنی و خونی این ماهی را مورد بررسی قرار دادند. در قزل‌آلا نیز اثر نانو ذراتی هم‌چون طلا و نقره مورد بررسی قرار گرفته است.

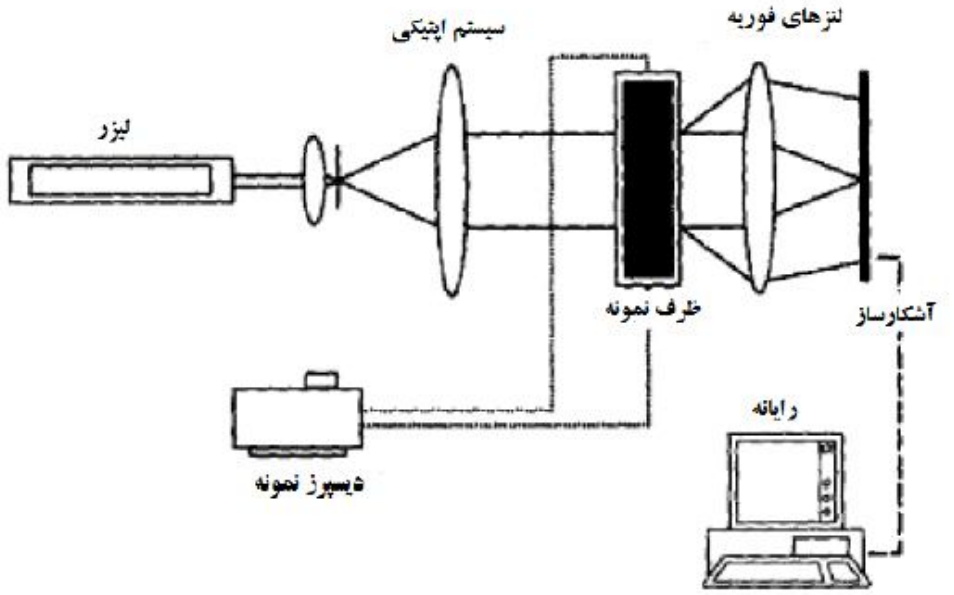
نانو تکنولوژی، یک تکنولوژی امیدبخش است که در بسیاری از علوم کاربرد دارد. توسعه سریع علوم نانو و نانو تکنولوژی در سال‌های اخیر افق جدیدی به روی بسیاری از صنایع و بخش‌های مختلف گشوده که سرچشمه انقلاب صنعتی جدید به‌خصوص در بخش کشاورزی و بخش‌های مرتبط با آن گردیده است (رتهر و همکاران، ۲۰۱۱) امروزه از فناوری نانو به‌عنوان یک تکنولوژی کلیدی و تأثیرگذار بر علم و صنعت یاد می‌شود (گرف و همکاران، ۱۹۹٤). اندازه کوچک این ذرات می‌تواند به تغییرات اساسی در ساختار و خواص این عناصر منجر شود به‌طوری‌که تا به امروز صدها تولیدات جدید برای اهداف مختلف در زمینه فن‌آوری نانو ساخته شده است. ورود این فن‌آوری به عرصه آبزی‌پروری و استفاده کاربردی از آن در بسیاری از کشورها گسترش یافته است. با توجه به توسعه استفاده از این ترکیبات نانو در صنایع مختلف و از آن‌جا که اثر این گونه مواد در بسیاری از ابعاد بر بدن آبزیان ناشناخته است، و به‌طور کل با توجه به این‌که مطالعات اندکی پیرامون تأثیر نانو ذرات آهن و روی بر میزان رشد ماهیان در سطح کشور انجام شده است، بنابراین ضروریست که در کنار توسعه این فن‌آوری و به‌کارگیری آن در صنایع مختلف، از این ترکیبات به‌عنوان مکمل خوراکی در جیره آبزیان استفاده شده و اثرات احتمالی آن‌ها بر این حیوانات نیز بررسی شود (حاجی رحیمی و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین در این آزمایش به بررسی اثر تغذیه با منابع مختلف آهن و روی (نانو ذره و شکل معدنی) بر برخی از فاکتورهای رشد در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) که یکی از گونه‌های مهم پرورشی کشور می‌باشد، پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

برای این منظور تعداد ٤۲۰ قطعه ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی ٤/۷± ٤٥ گرم از یکی از مزارع پرورش استان گلستان تهیه شد. سپس ماهیان به کمک تانکر مجهز به کپسول اکسیژن به سالن تکثیر و پرورش آبزیان شهید ناصر فضلی برآبادی دانشگاه گرگان منتقل شدند. بلافاصله پس از انتقال ماهیان با آب نمک (۳ گرم در لیتر) ضدعفونی شده و به‌مدت ۱۰ روز جهت سازگاری با شرایط آزمایشگاهی و هر گونه آلودگی انگلی خارجی در حوضچه‌های ۱۰۰۰ لیتری مستطیل شکل، سفید پلی ونیل کلراید (PVC) نگهداری شدند. در ضمن برای تغذیه ماهیان در طی دوره سازش فقط از غذای تجاری پلت (فرادانه، ایران) استفاده شد (اکرمی و همکاران، ۲۰۱۰).

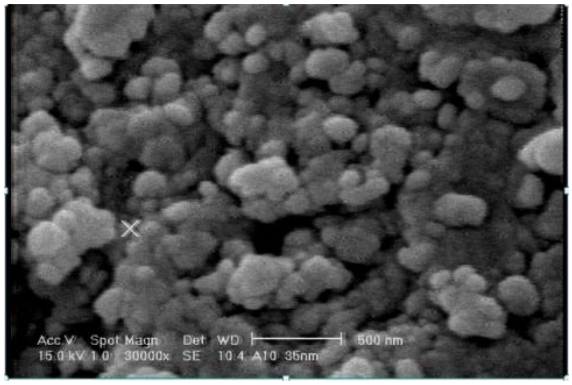
پس از اتمام دوره سازش ماهیان به‌صورت تصادفی به هفت گروه تقسیم شدند و هر گروه دارای سه تکرار بوده و پرورش در ونیروهای۵۰۰ لیتری که تا دو سوم حجم آن‌ها آبگیری شدند، با تراکم ۲۰ قطعه در هر ونیرو صورت گرفت. گروه اول به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد و با غذای تجاری بدون افزودن هر گونه نانوذره تغذیه شدند. سایر گروه‌ها به‌ترتیب با غذای تجاری حاوی غلظت‌های مختلف

نانو ذرات مورد تغذیه قرار گرفتند. نانو ذرات آهن مورد استفاده در این پژوهش در ابعاد ۳۵ نانومتر و نانو ذرات روی در ابعاد ۵۰ نانومتر توسط آزمایشگاه تغذیه دانشکده علوم دامی دانشگاه گرگان تهیه شد (شکل‌های ۲ و ۳). اندازه‌گیری ذرات با استفاده از روش پراکندگی استاتیک نور لیزر روشی براساس الگوی نور پراکنده شده بر روی آشکارساز است (شکل ۱). این الگوی نور پراکنده شده مجموعه‌ای از الگوهای پراکندگی است که توسط هر یک از ذرات ایجاد می‌شود. به‌وسیله این الگوی پراکندگی می‌توان اطلاعاتی از اندازه ذرات به‌دست آورد. این روش آنالیزی روشی سریع، نسبتاً ارزان و غیرمخرب برای اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات است. از این روش برای اندازه‌گیری ذراتی که اندازه آن ها بیش از ۱۰ میکرومتر است کاربرد دارد (ما و همکاران، ۲۰۰۰). در غلظت‌های مختلف بر حسب میکروگرم در هر گرم غذا مورد استفاده قرار گرفتند. در طول دوره مطالعه برای بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی دما، pH، میزان اکسیژن محلول توسط دماسنج و pH متر (HANNA instrument, USA) و اکسیژن‌متر دیجیتالی (HANNA instrument, USA) اندازه‌گیری و ثبت شد.

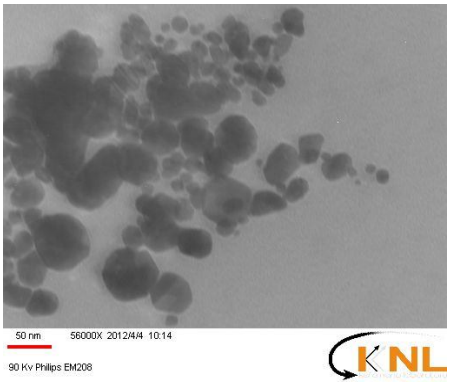


شکل ۱- شماتیکی از دستگاه اندازه‌گیری ذرات با روش پراکندگی استاتیک نور لیزر.

نحوه سنتز زیستی نانوذرات: در بررسی حاضر، امکان سنتز زیستی کلوئید نانو ذرات روی و نانو ذرات اکسید آهن با استفاده از گیاهان دارویی و روش سُل- ژل (Sol-gel) مورد ارزیابی قرار گرفت. سُل- ژل (Sol-gel) یک روش شیمیایی تر (Wet Chemical Method) برای سنتز انواع نانوساختارها به‌ویژه نانوذرات اکسید فلزی می‌باشد (نیدربرگر و پینانا، ۲۰۰۹). برای این منظور در مرحله اول، نانو ذرات روی با استفاده از عصاره آبی گیاهان ترنجبین و ریشه گیاه چوبک تهیه شدند. در مرحله دوم، نانو ذرات اکسید آهن با استفاده از عصاره آبی مان درخت بلوط (گزانگبین) تهیه شد.



شکل ۲- تصویر نانو ذرات آهن (اندازه نانو ذرات ۳۵ nm) با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی یا SEM.



شکل ۳- تصویر نانو ذرات روی (اندازه نانو ذرات ۵۰nm) با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی یا SEM.

تهیه غذا و نحوه غذادهی ماهیان: جهت افزودن نانو ذرات به غذای تجاری، ابتدا مقدار غذای روزانه هر گروه محاسبه و سپس مقدار مورد نیاز از نانوذره توسط ترازوی دیجیتالی وزن و در آب دیونیزه سوسپانسیون شده و برای اطمینان از اتصال نانوذره به غذا میزان ۰/۵ درصد ژلاتین به تمام قسمت‌های غذا اضافه شده و به‌مدت ۲ ساعت در داخل انکوباتور خشک گردید.

در طول مطالعه جهت تغذیه ماهیان به‌ترتیب از غذاهای تجاری FFT2، GFT1 و GFT2 (فرادانه، ایران) استفاده گردید (جدول ۱). گروه اول به‌عنوان شاهد انتخاب و در طول مطالعه با غذای تجاری و بدون افزودن هیچ نانوذره‌ای تغذیه شدند و برای یکسان کردن شرایط همه تیمارها به آن‌ها ژلاتین اضافه گردید. ماهیان گروه ۲ تا ٤ به‌ترتیب مقادیر ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکروگرم در یک گرم غذا نانوذره آهن و ماهیان گروه ۵ تا ۷ به‌ترتیب مقادیر ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکروگرم در یک گرم غذا نانوذره روی را به‌مدت ٦۵ روز از طریق جیره غذایی دریافت کردند.

از آن‌جایی‌که جهت تعیین غلظت نانو ذرات مورد استفاده در این مطالعه منبع معتبری یافت نشد، برای تعیین دوزهایی از نانو ذرات که فاقد تأثیرات سوء بر ماهی کپور معمولی باشند، یک کار آزمایشی ٤ روزه انجام گردید. در این آزمایش نانو ذرات روی در غلظت‌های صفر (گروه شاهد)، ۳۰، ٤۰، ۵۰ و ٦۰ میکروگرم در هر گرم غذا و نانو ذرات اکسید آهن در غلظت‌های صفر (گروه شاهد)، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ۵۰ میکروگرم در هر گرم غذا به‌مدت ۹٦ ساعت به‌صورت خوراکی به ماهیان داده شدند. نانو ذره روی در مقادیر بررسی شده فاقد هر گونه اثرات جانبی بود و هیچ‌کدام از این نانو ذرات در غلظت‌های مصرفی برای ماهیان کشنده نبودند.

میزان غذادهی بر اساس جداول غذادهی، بر حسب وزن بدن ماهیان و درجه حرارت آب پرورشی انجام گرفت. میزان کل غذای روزانه هر تیمار تعیین و سپس به سه قسمت تقسیم شد، بدین‌ترتیب که غذادهی در سه نوبت صبح، ظهر و شب (بین ۸ صبح تا ۸ شب) انجام شد.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی (درصد) غذای تجاری مورد استفاده در این مطالعه.

آنالیز (درصد)	نوع غذا		
	FFT2	GFT1	GFT2
پروتئین خام حداقل	٤٠	٣٨	٣٦
چربی خام حداقل	١٤	١٤	١٤
خاکستر حداکثر	١٠	١٠	١٠
فیبر حداقل	٣/٥	٤	٤
فسفر حداقل	١/٢	١/١	١
رطوبت حداکثر	١١	١١	١١

زیست‌سنجی ماهیان: زیست‌سنجی ماهیان در طول مطالعه از روز صفر تا ٦٥ هر دو هفته یکبار انجام شد. برای این منظور از هر تکرار ۱۰ قطعه (۳۰ قطعه به‌ازای هر تیمار) ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب و به کمک پودر گل میخک بیهوش شدند. سپس وزن و طول کل ماهیان به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری و پارامترهای زیر محاسبه شد (اکرمی و همکاران، ۲۰۱۰). ماهیانی که جهت انجام زیست‌سنجی مورد بیهوشی قرار گرفته بودند دوباره به درون استخرها برگردانده شدند.

۱۰۰× [میانگین وزن ابتدای دوره به گرم / (میانگین وزن ابتدای دوره به گرم- میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] = درصد افزایش وزن

۱۰۰× [زمان/(لگاریتم طبیعی میانگین وزن اولیه به گرم- لگاریتم طبیعی میانگین وزن نهایی به گرم)] = ضریب رشد ویژه

۱۰۰× [۳ (میانگین طول انتهای دوره به سانتی‌متر) / میانگین وزن انتهای دوره به گرم] = شاخص وضعیت

تجزیه و تحلیل داده‌ها: جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA؛ نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷) و آزمون توکی (آزمون اختلاف حقیقی که به‌طور مخفف HSD نامیده می‌شود) استفاده گردید. قبل از انجام آزمون آنالیز واریانس، نرمال بودن داده‌های به‌دست آمده با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. برای آنالیز واریانس داده‌های نرمال از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای داده‌های غیرنرمال از آزمون کروسکال- والیس استفاده گردید. در تمام بررسی‌ها سطح معنی‌دار آزمون‌ها P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد، هم‌چنین ترسیم نمودارها در فضای نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۰۷) انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تأثیر نانو ذرات آهن بر شاخص‌های رشد ماهی کپور معمولی در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس این یافته‌ها وزن نهایی، درصد وزن به‌دست آمده و فاکتور وضعیت در ماهیان تغذیه شده با نانوذره آهن با غلظت ۵۰ میکروگرم بر گرم غذا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر گروه‌ها بود. در بین تیمارهای که به‌ترتیب مقدار ۵۰ و ۱۰۰ میکروگرم نانو ذره آهن به جیره اضافه شده بود و گروه شاهد با تیماری که ۱۰ میکروگرم نانو ذره آهن دریافت کرده بود از نظر فاکتور وضعیت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین یافته‌ها نشان داد که در بین تمامی تیمارها با گروه شاهد از نظر مقدار نرخ رشد ویژه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۲- شاخص‌های رشد ماهیان تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره آهن به‌مدت ٦٥ روز.

شاخص	شاهد	نانوذره آهن (۱۰ میکروگرم)	نانوذره آهن (۵۰ میکروگرم)	نانوذره آهن (۱۰۰ میکروگرم)
FW (گرم)	١٤٧/٠٧±١٧/٩٨^{d}	١٥٣/٢٧±١٩/٠١^{c}	١٧٤/٩١±١٦/٤٨^{a}	١٦٧/٢١±٢١^{b}
WG (درصد)	١٩٦/٨٨±٢٣/٤٥^{d}	٢٠٩/٣٩±٢٧/١٢^{c}	٢٥٣/٠٨±٢٤/٥^{a}	٢٣٧/٥٢±٢٠/٨٧^{b}
CF (درصد)	١/٠٢±٠/٠٣^{b}	١/٠٣±٠/٠٤^{b}	١/١١±٠/٠٣^{a}	١/٠٧±٠/٠٢^{a}
SGR (درصد)	٦/٦٣±٠/٩^{a}	٦/٧١±٠/٨٧^{a}	٦/٩٩±٠/٦٧^{a}	٦/٩±٠/٧٩^{a}

* اعداد به‌صورت X±S.D. بیان شده‌اند.

* اعداد با حروف غیریکسان در هر ردیف دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ می‌باشند.

نتایج حاصل از تأثیر نانو ذرات روی بر شاخص‌های رشد ماهی کپور معمولی در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس این یافته‌ها وزن نهایی، درصد وزن به‌دست آمده، فاکتور وضعیت و ضریب رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با نانوذره روی با غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر گرم غذا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر گروه‌هایی بود که به‌ترتیب مقادیر ۱۰ و ۵۰ میگروگرم نانو ذره روی به جیره آن‌ها اضافه شده بود. در بین تیمارهایی که ۱۰ و ۵۰ میکروگرم نانو ذره روی دریافت کرده بودند با گروه شاهد از نظر فاکتور وضعیت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین گروه شاهد از نظر دو فاکتور درصد وزن به‌دست آمده و وزن نهایی با تیماری که ۱۰ میکروگرم نانو ذره روی دریافت کرده بود دارای اختلاف معنی‌داری نبود.

جدول ۳- شاخص‌های رشد ماهیان تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره روی به‌مدت ٦٥ روز.

شاخص	شاهد	نانوذره روی (۱۰میکروگرم)	نانوذره روی (۵۰ میکروگرم)	نانوذره روی (۱۰۰ میکروگرم)
FW (گرم)	١٤٤/٧٩±٢٠/٠١^{c}	١٤٧/٠٧±١٧/٩٨^{c}	١٦٠/١٨±١٨/٥٥^{b}	١٨٢/٦٤±١٩/٦^{a}
WG (درصد)	١٩٢/٢٦±٢٢/٦٦^{c}	١٩٦/٨٨±٢٣/٤٥^{c}	٢٢٣/٣٤±٢٥/٠٩^{b}	٢٦٨/٦٨±٢٣/٧٧^{a}
CF (درصد)	١/٠١±٠/٠٤^{b}	١/٠٣±٠/٠٣^{b}	١/٠٤±٠/٠٣^{b}	١/٠٩±٠/٠٢^{a}
SGR (درصد)	٦/٥٩±٠/٩^{c}	٦/٦٣±٠/٩^{c}	٦/٨١±٠/٥٧^{b}	٧/٠٨±٠/٧٩^{a}

* اعداد به‌صورت X±S.D. بیان شده‌اند.

* اعداد با حروف غیریکسان در هر ردیف دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

سرعت رشد بالا در ماهی نسبت به پستانداران و سازش آسان آن با شرایط محیطی، عواملی هستند که باعث افزایش ارزش اقتصادی صنعت آبزی‌پروری گردیده است (آئوکی، ۱۹۹۲). ارتباط بشر با طبیعت بر ماهیان اثر گذاشته و منجر به تغییر در عادت زندگی آن‌ها شده است و واکنش ماهی به آلودگی‌های محیط زیست در نهایت منجر به تغییر متابولیسم ماهی شده است. پاسخ ماهیان در مواجهه با مواد آلوده‌کننده در مرحله اول مقابله‌ای بوده ولی اگر آلودگی ادامه یابد منجر به تغییر در فیزیولوژی ماهی می‌شود و این تغییرات منجر به کاهش در مهارت زندگی و رشد

ماهی می‌شود (سراوانان و همکاران، ۲۰۱۱). امروزه آلودگی محیط زیست آبزیان به یک مسأله مهم تبدیل شده است. ماهیان از مهم‌ترین گروه آبزیان هستند که آسیب‌پذیر بوده و آسیب به آن‌ها نماینده و بیومارکر مهمی در آلودگی‌های محیط زیست محسوب می‌شود (گاتلین و ویلسون، ۱۹۸٦).

کپور معمولی جزء ماهیان پرورشی و تجاری کشور بوده و بخشی از رژیم غذایی مردم را تشکیل می‌دهد. هم‌چنین تجمع عناصر در بدن ماهیان و اثرات مخرب این آلاینده‌ها در بدن انسان اهمیت بسیاری دارد و با توجه به این‌که آهن و روی از عناصر ضروری بدن انسان می‌باشد و در مقادیر بالا ایجاد سمیت ایجاد می کنند، بررسی حاضر انجام گرفت. در این پژوهش تأثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات آهن و روی بر برخی از فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی مطالعه گردید به این امید که بتوان در آینده از این مواد (به‌دلیل ابعاد نانومتری و نسبت سطح به حجم و جذب بالا) به‌عنوان جایگزینی برای مکمل‌های معدنی استفاده کرد. آهن عنصری معدنی است که مقداری از آن برای رشد طبیعی بدن ضروری است، این عنصر پس از مصرف خوراکی، جذب خون شده، به ترانسفرین پیوند یافته و برای ساخت گلبول قرمز به مغز استخوان انتقال می‌یابد. مصرف خوراکی آهن ممکن است موجب امراض گوارشی گردد. بررسی مطالعات دیگران نشان داد که افزایش سطح آهن در جیره غذایی ماهی سبب تقویت رشد و افزایش وزن ماهی می‌گردد (رحمتی و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به این عوارض و نیز گسترش فراوان کم‌خونی نیاز به مکمل‌های غذایی غنی از آهن مشخص می‌شود. به‌همین منظور و برای ایجاد ماهی با کیفیت لاشه بالا که احتمالاً بتواند به‌عنوان منبع غذایی غنی از آهن مورد استفاده قرار گیرد، نانو ذرات آهن و روی در غلظت‌های مختلف جهت تعیین دوز مفید این عناصر برای ماهی به جیره غذایی اضافه و تأثیر افزودن این دو نانو ذره بر برخی از فاکتورهای رشد ماهی کپور معمولی مورد بررسی قرار گرفت. قبادی و همکاران (۲۰۱٤) با بررسی اثرات سطوح مختلف نانوذره آهن (Fe) بر فاکتورهای رشد و تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به این نتیجه دست یافتند که استفاده از نانوذره آهن خنثی در سطح ۳۰ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم غذای خشک، سبب افزایش عملکرد رشد و تغذیه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی می‌گردد. وانگن و همر (۲۰۰۳) در بررسی کربوهیدرات‌های غذایی تعاملات آهن و روی در ماهی آزاد دریای آتلانتیک نشان دادند که رژیم غذایی آهن و روی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بر وزن پایانی، شاخص وضعیت و شاخص کبدی اثر می‌گذارد و هرچه میزان این مواد بیش‌تر شود تأثیر بیش‌تری بر روی این شاخص‌ها دارد نقش مثبت میکروالمنت‌ها در تغذیه آبزیان جهت داشتن زندگی سالم و طبیعی به اثبات رسیده است. ماهیان این مواد معدنی را از غذا و آب پیرامون خود تامین می‌کنند غلظت‌های مشخص و اشکال کاربردی مواد معدنی باید مشخص گردند و در غذای فرموله‌ای که برای آبزیان پرورشی تهیه می‌گردد، به‌کار برده شوند و نباید اهمیت این مواد در غذای مصنوعی، نادیده انگاشته شود (پروچروو و همکاران، ۲۰۰۲) آهن نیز جزء میکروالمنت‌هایی است که تأثیر به‌سزایی در انجام فعالیت‌های طبیعی اندام‌های بدن ماهی دارد. یکی از نتایج مؤثری که در ماهیان تغذیه نموده از دوز مناسب آهن مشاهده می‌شود، افزایش کارایی عملکرد رشد در ماهیان است (ناصر و همکاران، ۱۹۹۸). ذرات نانو از نظر بیولوژیک فعال‌تر و اثر سمی بیش‌تری در مقایسه با ذرات درشت‌تر از ماده شیمیایی مشابه خود نشان می‌دهند. علاوه بر اندازه ذره، مساحت سطح نیز از نظر سم‌شناختی بسیار مهم است (جهانبخشی و میرنیا، ۲۰۱۲). گزارشی مبنی بر سمیت نانو ذرات در یک نوع ماهی با نام مداکا (*Oryzias latipes*) وجود

دارد. هم‌چنین نشان داده شد که نانو ذرات اکسید آهن بر ریه افراد آسیب می‌رسانند.

رازر و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند استفاده از نانوذره آهن به‌ترتیب باعث افزایش ۳۰ و ۲٤ درصدی رشد ماهی کپور و خاویاری و هم‌چنین افزایش ۲۳-۲۷ درصد میزان اریتروسیت و ۱۲-۱۳ درصد هموگلوبین خون ماهیان می‌گردد. ژو و همکاران (۲۰۰۹) اثرات نانو ذره سلنیوم و سلنومتیونین بر شاخص‌های رشد، ترکیب شیمیایی و فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در ماهی کاراس بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که سلنومتیونین و نانوذره سلنیوم باعث افزایش میزان رشد، ضریب رشد روزانه، ترشح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و کاهش ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه شاهد می‌شود. هم‌چنین میزان سلنیوم جذب شده در بافت عضله ماهیان در گروه ماهیان تغذیه شده با نانوذره سلنیوم در بیش‌ترین میزان بود که اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) را حتی با گروه ماهیان تغذیه شده با سلنومتیونین نشان داد. عاشوری و همکاران (۲۰۱۵) اثرات استفاده از سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم در رژیم غذایی بر عملکرد فاکتورهای رشد، ترکیب عضلانی، پروفیل‌های بیوشیمیایی خون و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) را طی ۸ هفته بررسی کردند. نتایج تفاوت‌های معنی‌داری را بین تیمارهای تغذیه شده با نانوذره سلنیوم و گروه شاهد نشان داد. در این بین ماهیانی که به جیره غذایی آن‌ها مقدار ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانوذره سلنیوم اضافه شده بود نسبت به تیمارهای که به‌ترتیب ۰/۵ و ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانوذره سلنیوم افزوده شده بود از لحاظ عملکرد فاکتورهای رشد مانند میانگین وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن و FCR دارای شرایط بهتری بودند. دی‌محمدی و همکاران (۲۰۱۳) طی مطالعه‌ای اثرات تغذیه‌ای نانو ذرات نقره و سلنیوم را بر شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند، نتایج آن‌ها نشان داد که ماهیان تغذیه شده با نانو ذرات به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) شاخص‌های رشد بهتری نسبت به گروه شاهد داشتند. کم‌ترین مقدار شاخص‌های رشد مربوط به شاهد و بیش‌ترین مقدار مربوط به آن در تیمار نقره با بالاترین غلظت بود. در پژوهش حاضر نیز وزن نهایی، درصد وزن به‌دست آمده و فاکتور وضعیت در ماهیان تغذیه شده با نانوذره آهن با غلظت ۵۰ میکروگرم بر گرم غذا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر گروه‌ها بود و تمامی تیمارهایی که نانو ذرات آهن به جیره غذایی آن‌ها افزوده شده بود با گروه شاهد از نظر سه فاکتور وزن نهایی، درصد وزن و فاکتور وضعیت دارای اختلاف معنی‌داری بود. هم‌چنین درصد نرخ رشد ویژه در بین تمام تیمارهایی که به جیره آن‌ها نانوذرات آهن افزوده شده بود با گروه شاهد اختلاف معناداری مشاهده نشد.

در مطالعه‌ای دیگر که توسط ژو و همکاران (۲۰۰۹) بر روی اثر منابع مختلف سلنیوم غذایی (نانو ذرات سلنیوم و سلنومتیونین) بر عملکرد رشد، ترکیب عضلانی و فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در ماهی کاراس (*Carassius auratus gibelio*) انجام شد. نتایج اختلاف معنی‌داری رادر نرخ RGR و وزن نهایی تیمارهای ۱ و ۲ نسبت به گروه شاهد نشان داد. ولی نرخ بقا و FCR در بین تیمارهای ۱ و ۲ نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). هم‌چنین افزایش مرگ و میر در بچه‌ماهی سالمون تغذیه شده با جیره فاقد سلنیوم نیز گزارش شده است (پوستون و همکاران، ۱۹۷٦).

غذاهای دریایی منبع اصلی روی و مس هستند (هو، ۱۹۹۵) و می‌توانند نقش مثبت یا منفی مهمی را در زندگی انسان ایفا نمایند (قائدی و همکاران، ۲۰۰۹) فلزات روی و مس بر اساس مقدارشان در فرآیندهای زیستی ایفای نقش می‌کنند (محرک یا بازدارنده) (آندرسون و مورل، ۱۹۸۷) هم‌چنین زمانی

که مقادیر فلزات ضروری افزایش یابد می‌توانند اثرات سمی داشته باشند (تورکمن و همکاران، ۲۰۰۸). این فلزات از جمله عناصر ضروری واکنش‌های بیولوژیک می‌باشند و به‌صورت هوموستاتیک تنظیم می‌شوند. غلظت‌های این عناصر در بافت‌های یکسان از گونه‌های متفاوت می‌تواند تغییرات زیادی داشته باشد (واگرمن و موير، ۱۹۸٤). مشخص شده است که فعالیت آنزیم‌هایی که حاوی عنصر روی هستند تحت‌تأثیر غلظت روی پلاسما قرار می‌گیرد و بنابراین از این آنزیم‌ها به‌عنوان شاخصی از وضعیت روی در بدن حیوانات استفاده می‌شود (فدائی فر و همکاران، ۲۰۱۲). اهمیت و نقش روی در فعالیت‌های آنزیمی مختلف بدن، متابولیسم پروستاگلاندین‌ها و نقش ساختاری در نوکلئوپروتئین‌ها و هم‌چنین به‌عنوان نقش پایه‌ای در رشد ثابت شده است (چستر، ۱۹۹۱). بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر مقادیر وزن نهایی، درصد وزن به‌دست آمده، فاکتور وضعیت و ضریب رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با نانوذره روی با غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر گرم غذا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر گروه‌هایی بود که به‌ترتیب مقادیر ۱۰ و ۵۰ میگروگرم نانو ذره روی به جیره آن‌ها اضافه شده بود. در بین تیمارهایی که ۱۰ و ۵۰ میکروگرم نانو ذره روی دریافت کرده بودند با گروه شاهد از نظر فاکتور وضعیت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین گروه شاهد از نظر دو فاکتور درصد وزن به‌دست آمده و وزن نهایی با تیماری که ۱۰ میکروگرم نانو ذره روی دریافت کرده بود دارای اختلاف معنی‌داری نبود. وکل و همکاران (۱۹۸۳) بیان نمودند که میزان روی تا چند صد میلی‌گرم در هر کیلو غذا اثرات سویی را در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به دنبال ندارد. ساتو و همکاران (۱۹۸۷) بیان کردند که افزودن ٤۰ میلی‌گرم روی در غذا به همراه پودر ماهی در جیره باعث بهبود عملکرد رشد ماهیان قزل‌آلا و کپور می‌شود. کیرون و همکاران (۱۹۹۳) بیان نمودند که کمبود روی باعث آسیب به عملکرد سیستم ایمنی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود.

وونگ و همکاران (۲۰۱۰) سمیت نانوذره اکسید روی را در پنج گونه آبزی دریایی بررسی و گزارش کردند که این نانوذره می‌تواند با ایجاد استرس اکسیداتیو به سلول‌ها آسیب برساند. استرس اکسیداتیو ممکن است به دلایل مختلفی از جمله بالانس نبودن جیره، قرار گرفتن در معرض عوامل شیمیایی و فیزیکی در محیط و فعالیت‌های فیزیکی شدید به وجود بیاید (چو و تاپل، ۱۹۷٤). مورتیمر و همکاران (۲۰۱۰) سمیت نانوذره اکسید روی و اکسید مس را در تک یاخته *Tetrahymena thermophile* بررسی و گزارش کردند که نانوذره اکسید روی سمی‌تر از اکسید مس می‌باشد، و نانوذره اکسید مس از اکسید مس معمولی سمیت بیش‌تری دارد در حالی‌که تفاوتی بین سمیت نانوذره اکسید روی و اکسید روی معمولی مشاهده نگردید. شیلینگ و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه‌ای در مورد کرم‌های ضد آفتاب حاوی دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی، گزارش کردند که این مواد (به‌صورت کرم ضد آفتاب) اثر نامطلوبی در انسان ندارند. اگینو و یانگ (۱۹۷۸) میزان نیاز روی در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان را ۳۰-۱۵ میلی‌گرم در هر کیلو غذا بیان کردند. آن‌ها بیان نمودند که کمبود روی (۱ میلی‌گرم در هر کیلو غذا) باعث توقف رشد، کاهش هضم‌پذیری پروتئین و کربوهیدرات و به احتمال زیاد در نهایت سبب کاهش فعالیت آنزیم کربوکسی پپتیداز می‌شود.

مطالعات نشان داده‌اند که ماهیان کپور و قزل‌آلا قادرند مقدار ۱۹۰۰-۱۷۰۰ میلی‌گرم روی در هر کیلو غذا را بدون نشان دادن علائم سمیت ظاهری تحمل کنند. میزان نیاز این دو ماهی به روی ۳۰-۱۵ میلی‌گرم گزارش شده است (لاه، ۲۰۰۲). قابلیت دسترسی زیستی به روی متغیر است و بستگی به ترکیب جیره غذایی دارد

(هالور و هاردلی، ۱۹۸۹). بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که جذب زیستی نانو ذرات آهن و روی به‌شدت تحت‌تأثیر مقادیر این عناصر در جیره قرار دارد.

سپاسگزاری

نگارندگان این پژوهش از عابد زیدعلی، خدایار رضایی، مجتبی شاکریاری، سامان ضرونی به سبب همکاری ارزنده ایشان سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

1. Akrami, R., Gholichi, A., and Manochehri, H. 2010. The effect of inulin as probiotics on growth performance and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Marin. Sci. Technol. Res. Number autumn, Pp: 9-1.
2. Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S., and Watanabe, T. 2004. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. Fish & shellfish immunology, 16: 4. 527-537.
3. Anderson, D.M., and Morel, F.M. 1978. Copper sensitivity of Gonyaulax tamarensis. Limnology and Oceanography, 23: 283-295.
4. Aoki, T. 1992. Chemotherapy and drug resistance in fish farms in japan. In: Shariff M., Subasighe, R.P., and Arthure J.R. (Eds), Diseases in Asian Aquaculture. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, 1: 519-529.
5. Ashouri, S., Keyvanshokooh, S., Salati, A.P., Johari, S.A., and Pasha-Zanoosi, H. 2015. Effects of different levels of dietary selenium nanoparticles on growth performance, muscle composition, blood biochemical profiles and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 446: 25-29.
6. Balon, E.K. 2006. The oldest domesticated fishes and the consequences of an epigenetic dichotomy in fish culture. J. Ichthyol. Aqua. Biol. 11: 47-86.
7. Behara, T., Swain, P., Rangachrulu, P.V., and Samanta, M. 2013. Nano-Fe as feed additive improves the hematological and immunological parameters if fish, Labeo rohita H. J. Appl. Nanosci. 13: 251-258.
8. Castro, A.V., Mendonca, B.B., Bloise, W., Shuhama, T., and Brandao-Neto, J. 2002. Zink supplemention doesnot inhibit basal and metoclopramide- stimulated prolactinemia secretion in healthy men, J. Traceelements Med. Biol. 16: 69-73.
9. Chesters, J.K. 1991. Trace element-gene interactions with particular reference to zinc. Proceedings of the Nutrition Society, 50: 123-129.
10. Chow, C.K., and Tappel, A.L. 1974. Response of glutathione peroxidase to dietary of selenium in rats. J. Nutr. 104: 444-451.
11. Di Mohammadi, F., Tokmehchi, A., Farrokhi, F., and Ehsani, A. 2013. Nutritional effects of silver nanoparticles and selenium on growth of rainbow trout. J. Physiol. Biotechnol. Aquacul. 1: 2. 80-71.
12. Fadayifar, A., Aliarabi, H., Tabatabaei, M.M., Zamani, P., Bahari, A.A., Malecki, M., and Dezfoulian, A.H. 2012. Improvement in lamb performance on barley based diet supplemented with zinc. Livestock Science, 144: 285-289.
13. Gatlin, D.M., and Wilson, R.P. 1986. Characterization of iron deficiency and the dietary iron requirement of fingerling channel catfish. Aquaculture. 52: 191-198.
14. Gatlin, I.D.M., and Wilson, R.P. 1986. Dietary copper requirement of fingerling channel cat fish. Aquaculture, 54: 277-285.
165. Ghaedi, M., Shokrollahi, A., Kianfar, A. H., Pourfarokhi, A., Khanjari, N., Mirsadeghi, A.S., and Soylak, M. 2009. Preconcentration and separation of trace amount of heavy metal ions on bis (2-hydroxy acetophenone) ethylendiimine loaded on activated carbon. J. Hazard. Mater. 162: 1408-1414.

16. Ghelichi, A., Akrami, R., Bandani, G., and Jorjani, S. 2009. Reproductive biology of female mature common carp in southeast of Caspian sea (Miankaleh). Iran. J. Natur. Resour. 3: 197-208.
17. Ghobadi, S.H., Rajabi Eslami, H., Hosseini, M., and Palangi, L. 2014. The effects of different levels of nanoparticles of iron (Fe) on growth factors and feeding rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Reprod. Aquacul. 3: 9. 82-67.
18. Greff, R., Minamitake, Y.M., Peracchia, T., Trubetskoy, V., Torchilin, V., Langer, R. 1994. Biodegradable longcirculating polymeric nanosghere. s. Science, 263: 1600-1603.
19. Hajirahimi, A., Farrokhi, F., and Tokmehchi, A. 2015. The effect of iron oxide nanoparticles and zinc on liver and muscle tissue in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), 3: 293-306.
20. Halver, J.E., and Hardly, R.W. 1989. The vitamins In: Fish Nutrition. Halver J.E. (ed.), Academic press, New York, USA, Pp: 31-109.
21. Hirao, S., Yamada, J., and Kikuchi, R. 1955. Relation between chemical constituents of rainbow trout eggs and the hatching rate. Nippon Suisan Gakkaishi, 21: 240-243.
22. Huber, D.L. 2005 Synthesis, properties, and applications of iron nanoparticles. Small. 1: 482-501.
23. Irianto, A., and Austin, B. 2002. Probiotic in aquaculture. J. Fish Dis. 25: 1-10.
24. Jahanshahi, M., and Mirniya, S. 2012. Nano-toxicity, health and environmental issues. Babol University Press, Pp: 24-25.
25. Kiron, V., Gunji, A., Okamoto, N., Satoh, S., Ikeda, Y., and Watanabe, T. 1993. Dietary nutrient dependentvariations on natural-killer activity of the leucocytes of rainbow trout. Fish Pathology, 28: 71-76.
26. Krishna, R., Raghupathi, R.T.K., and Adhar, C.M. 2011. Size-Dependent Bacterial Growth Inhibition and Mechanism of Antibacterial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles. Langmuir, 27: 4020-4028.
27. Lah, S.P. 2000. Nutrition and health of fish. In: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A.Y., Civera-Cerecedo, R., (Eds.). Avances en Nutricion Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutricion Acuicola, Pp: 19-22.
28. Lorens, A., Lloret, E., Picouet, P.A., Trbojevich, R., and Fernandez, A. 2012. Metallic-based micro and nanocomposites in food contact materials and active food packaging. Trends in Food Science & Technology, 24: 19-29.
29. Louei Monfared, A., and Soltani, S. 2013. Effects of silver nano particles administration on the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): histological and biochemical studies. Europ. J. Exp. Biol. 3: 2. 285-289.
30. Ma, Z., Merkus, H.G., de Smet, J.G., Heffels, C., and Scarlett, B. 2000. New developments in particle characterization by laser diffraction: size and shape. Powder Technology, 111: 1-2. 66-78.
31. Mortimer, M., Kasemets, K., and Kahru, A. 2010. Toxicity of ZnO and CuO nanoparticles to ciliated protozoa Tetrahymena thermophila. Toxicology, 269: 182-189.
32. Naser, N., Lall, S.P., Brown, L., and Olivier, G. 1998. Role of dietary iron in immune response and disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. World Aquaculture. 98: 447.
33. Niederberger, M., and Pinna, N. 2009. Metal oxide nanoparticles in organic solvents: synthesis, formation, assembly and application. Springer Science & Business Media.
34. Ogino, C., and Yang, G.Y. 1978. Requirement of rainbow trout for dietary zinc. Nippon Suisan Gakkaishi, 44: 1015-1018.
35. Onyenmachi, J., Afonne, O.J., Orisakwe, O.E., Ekanem, I.O.A., and Akumka, D.D. 2002. Zinc protects chromium-Induced testicular injury in mice. Ind. J. Pharmacol. 34: 26-31.
36. Poston, H.A., Combs Jr, G.F., and Leibovitz, L. 1976. Vitamin E and selenium interrelations in the diet of *Atlantic salmon* (*Salmo salar*): gross, histological and biochemical deficiency signs. J. Nutr. 106: 892-904.

37. Prochorov, A.M., Pavlov, G.V., and Okpattah, G.A.C. 2002. The effect of nano-disprse iton on the biological parameters of fish. 10th foresight conference on molecular Nanotechnology.
38. Rahmati Andani, H.R., Tukmechi, A., Meshkini, S., and Ebrahimi, H. 2011. Enhancement of rainbow trout resistant against Aeromonas hydrophyla and Yersinia ruckeri with isolated Lactobacilli from common carp intestine. Iran. J. Vet. Med. 7: 26-35.
39. Rather, M.A., Sharma, R., Aklakur, M., Ahmad, S., Kumar, M., Khan, M., and Ramya, V.I. 2011. Nanotechnology: A Novel Tool for Aquaculture and Fisheries Development. A Prospective Mini-Review. Fish. Aquacul. J. 16: 1-5.
40. Rather, M.A., Sharma, R., and Aklakur, M. 2011. Nanotechnology: A Novel Tool for Aquaculture and Fisheries Development. A Prospective Mini-Review. Aquaculture. 23: 12-25.
41. Roussel, A.M., Facn, A.K., Zouari, N., Mahjoub, S., Matheau, J.M., and Anderson, R.A. 2003. Antioxidant Effects of Zinc Supplementation in Tunisians With Type 2 Diabetes Mellitus. J. Amer. College Nutr. 22: 316-321.
42. Saravanan, M., Kumar, K.P., and Ramesh, M. 2011. Haematological and Biochemical responses of freshwater teleost fish *Cyprinus carpio* (*Actinoptertgii: Cypriniformes*) during acute and chronic sublethal exposure to lindane. Pesticide Biochemistry and physiology, 100: 206-211.
43. Satoh, S., Takeuchi, T., and Watanabe, T. 1987. Availability to Rainbow Trout of Zinc in White Fish Meal and of Various Zinc Compounds. Nippon Suisan Gakkaishi, 53: 595-599.
44. Schilling, K., Bradfor, B., Castelli, D., Dufour, E., Nash, J.F., Pape, W., Schulte, S., Tooley, I., Van den Bosch, J., and Schellauf, F. 2010. Human safety review of "nano" titanium dioxide and zinc oxide. Photochemical and Photobiological Sciences, 9: 495-509.
45. Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Ates, A., and Gokkus, K. 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species, Food Chemistry, 108: 794-800.
46. Vangen, B., and Hemre, G.I. 2003. Dietary carbohydrate, iron and zinc interactions in Atlantic salmon, Salmo salar. Aquacultre. 219: 597-611.
47. Wagermann, R., and Muir, D.C.G. 1984. Concentration of heavy metals and organochlorine in marine mammals of northern waters overview and evaluation. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, No 1279.
48. Watanabe, T., Kiron, V., and Satoh, S.H. 1997. Trace minerals in fish nutrition Aquaculture, 151: 185-207.
49. Wekell, J.C., Shearer, K.D., and Houle, C.R. 1983. High zinc supplementation of rainbow trout diets. Progresive in Fish Culture, 45: 144-147.
50. Who. 1995. Health risks from marin pollution in the Mediterranean. Part 1 Implications for Policy Makers, 255p.
51. Wong, S.W., Leung, P.T., Djurisic, A.B., and Leung, K.M. 2010. Toxicities of nano zinc oxide to five marine organisms: in fluencies of aggregate size and ion solubility. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 396: 609-618.
52. Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q., and Li, W. 2009. Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). Aquaculture, 291: 1. 78-81.