مقاله علمی – پژوهشی:

تاثیر غلظت‌های متفاوت نانو ذرات سلنیوم و روی بر فاکتورهای رشد، بازماندگی و ترکیبات شیمیایی لاشه میگوی پا سفید غربی پرورشی (*Litopenaeus vannamei*)

میلاد کرم‌زاده[۱]، مازیار یحیوی*[۱]، علیرضا سالارزاده[۱]، دلارام نخبه زارع[۱]

*maziar_yahyavi@yahoo.com

۱-گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۹

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های متفاوت نانو ذرات سلنیوم و روی بر فاکتورهای رشد، بازماندگی و ترکیبات شیمیایی لاشه میگوی پا سفید غربی انجام شد. برای این منظور میگوها با میانگین وزنی ۰/۲±۵/۱گرم در ۱۲ تانک فایبرگلاس (۳۰۰ لیتری) با تراکم ۲۵ عدد میگو توزیع و طی مدت ۵۶ روز با غلظت‌های متفاوت نانو ذرات سلنیوم و روی در چهار تیمار و هر تیمار دارای ۳ تکرار شامل: ۰ (شاهد)، تیمار ۱ (۰/۳ میلی‌گرم/کیلوگرم خوراک نانوذرات سلنیوم)، تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم/ کیلوگرم خوراک نانو روی) و تیمار ۳ (۳۰ میلی‌گرم/ کیلوگرم خوراک نانو ذرات روی) غذادهی شدند. بر اساس این نتایج درصد افزایش وزن (BWI)، افزایش وزن بدن، میزان نرخ رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) در تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) نسبت به گروه شاهد و تیمارهای ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم) و ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی) اختلاف معنی‌داری داشت ($p<0/05$). همچنین اختلاف معنی‌داری در درصد بازماندگی بین تیمارهای ۱ و ۲ نسبت با تیمارهای شاهد و ۳ مشاهده شد ($p<0/05$). بررسی آماری نشان داد که اختلاف معناداری در درصد پروتئین و چربی لاشه میان میگو پا سفید غربی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی با تیمار شاهد وجود دارد ($p<0/05$). در مجموع، تأثیر سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی به‌ویژه در تیمار ۲ بر شاخص‌های رشد و بازماندگی و ترکیبات شیمیایی لاشه میگوی پا سفید غربی کاملاً مثبت و معنی دار ارزیابی شد.

لغات کلیدی: میگوی پا سفید غربی، نانو سلنیوم، نانو روی، شاخص‌های رشد، ترکیبات بدن

*نویسنده مسئول

مقدمه

برای تولید تجاری و کارآمد آبزیان مدیریت قوی، شرایط مناسب پرورش، غذادهی با جیره‌های مناسب که حاوی ترکیبات ارزان‌تر و در عین حال مؤثر جهت رشدی بهینه که دارای کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد (گل آقایی و همکاران، ۱۳۹۵). بهبود جیره‌های غذایی فرموله شده برای افزایش رشد و ارتقاء سلامت آبزیان یکی از مسائل عمده در آبزی‌پروری تجاری، می‌باشد (یزدانی و رضایی، ۱۳۹۳). با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از هزینه‌های پرورش میگو مربوط به تهیه غذا می‌باشد، بهبود وضعیت تغذیه‌ای منجر به سودمندتر شدن پرورش آن خواهد شد (Mohseni *et al.*, 2006).

در کشور پرورش میگو پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) به دلایل متعددی از قبیل تحمل طیف گسترده‌ای از شرایط پرورشی (تراکم بالا، دامنه وسیع شوری و دما)، مقاومت بالا نسبت به بیماری‌های عفونی و غیر عفونی، نرخ رشد بالا، نیاز پروتئینی کمتر نسبت به سایر گونه‌های میگو و رشد سریع، از روند رو به رشدی برخوردار بوده است (Ghorbani Vagheie *et al.*, 2011).

نقش عناصر ضروری در سیستم های بیولوژیک در حیوانات مختلف از جمله میگو مشخص شده است. این عناصر در طول زندگی آبزی در تشکیل اسکلت، در سیستم های کلوئیدی، تنظیم تعادل اسید و باز پایه و در ترکیبات مهم بیولوژیک مانند هورمون ها و آنزیم‌ها مورد نیاز می‌باشد. کمبود مواد معدنی باعث آسیب‌های بیوشیمیایی، ساختاری و عملکردی می شود که به عوامل متعددی از جمله طول و درجه محرومیت از مواد معدنی بستگی دارد (Watanabe *et al.*, 1997).

سلنیوم یکی از عناصر شیمیایی غیر فلزی و کمیاب است که بیشتر به صورت ترکیب با پروتئین‌ها یافت می‌شود. سلنیوم یک ریز مغذی ضروری برای حفظ رشد طبیعی و سوخت و ساز بدن آبزیان است. بیشتر سلنیوم مورد نیاز بدن آبزی از طریق خوراک و مواد غذایی تامین می‌شود. مکمل سلنیوم به دو شکل معدنی و آلی وجود دارد. قابلیت استفاده میگو از منابع آلی نسبت به منابع معدنی بیشتر است. سلنیوم معدنی در سه حالت اکسیداسیونی سلنیت (Se^{4+})، سلنات (Se^{6+}) و سلنید (Se^{2-}) وجود دارد (Ahsan *et al.*, 2014). اخیراً فرم نانوی سلنیوم به علت اثرگذاری بیشتر و سمیت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین کاربرد شناخته شده سلنیوم نقش آن در ساختمان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است (Zhou *et al.*, 2009).

عنصر روی (Zn) یک ماده معدنی ضروری است که در رشد و متابولیسم تمام موجودات از جمله آبزیان مورد نیاز است. این ماده معدنی در بیش از ۱۰۰۰ ساختار کاتالیزوری و پروتئین‌های نظارتی که در توسعه و فیزیولوژی حیوانات دارای اهمیت فراوان می‌باشند، موجود است (Watanabe *et al.*, 1997). روی برای تجمع طبیعی کلسیم در استخوان‌ها، انتقال CO_2 در گلبول‌های قرمز خون، سنتز و متابولیسم پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک مورد نیاز می‌باشد. بر اساس مرور مطالعات انجام شده مشخص می‌گردد که میزان بهینه عنصر روی در آبزیان مهمی همچون ماهی قزل آلای رنگین کمان، میگوی دراز آب شیرین و ماهی حوض به‌ترتیب ۶۰، ۶۰-۱۰ و۶۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره می‌باشد (Watanabe *et al.*, 1997).

فناوری نانو شامل استفاده از مواد در مقیاس نانو برای تولید محصولات جدید طی پروسه‌های مختلف است. با توجه به برخی مطالعات، نانوذرات عناصری مانند سلنیوم، آهن و ... منابع مکمل در رژیم غذایی هستند که می‌توانند رشد ماهی را بهبود بخشند (شبرنگ هره دشت و میروافقی، ۱۳۹۱). مواد جدید بدست آمده با استفاده از فناوری نانو می‌توانند در جنبه‌های مختلف شیلات و آبزی‌پروری مورد استفاده قرار گیرد. همچنین با تولید نانوکپسول‌ها و وارد نمودن ذرات مغذی آبزیان به غذاهای روزانه، می‌توان آنها را وارد سبد غذایی مردم نمود.

به رغم گذشت سال‌ها از انقلاب سبز، همچنان مشکلات عدم تناسب رشد تولیدات کشاورزی و جمعیت جهان وجود دارد که این موضوع لزوم توسعه و بکارگیری فناوری‌های نوین در بخش کشاورزی در جهت توسعه

پایدار و افزایش تولیدات کشاورزی را دو چندان می‌نماید. توانایی‌های بالقوه فناوری نانو در صورتی که برای برطرف کردن معضلات و چالش‌های عمده آبزی‌پروری بکار گرفته شوند، می‌توانند سهم موثری در افزایش درآمد داشته باشند (Nair *et al.*, 2010).

در مطالعات صورت گرفته قبلی تاثیر مثبت سلنیوم و روی بر شاخص‌های رشد و بازماندگی برخی از گونه‌های آبزی مورد بررسی قرار گرفته است که از جمله آن می‌توان به استفاده از مکمل غذایی حاوی نانوذرات سلنیوم و نانو ذرات روی در جیره غذایی کپور ماهی روهو (*Labeo rohita*) (Swain *et al.*, 2018)، نانوذرات روی در جیره غذایی پست لارو میگوی روزنبرگی (*Macrobrachium rosenbergii*) (Muralisankar *et al.*, 2016) و سلنیوم در خوراک میگو *Neocaridina heteropoda* (Zhou *et al.*, 2009) اشاره داشت. با توجه به اینکه میگوی پا سفید غربی یکی از گونه‌های مهم در آبزی‌پروری می‌باشد، با این وجود اطلاعات کمی درخصوص تاثیر مکمل‌های غذایی برپایه نانو در این خصوص وجود دارد. لذا، در تحقیق حاضر برای اولین بار تاثیر غلظت‌های متفاوت نانو ذرات سلنیوم و روی بر فاکتورهای رشد، بازماندگی و کیفیت لاشه میگوی پا سفید غربی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش کار

این تحقیق در یک دوره ۸ هفته‌ای در پاییز سال ۱۳۹۸در کارگاه تکثیر و پرورش میگو بخش خصوصی در استان هرمزگان انجام پذیرفت. در این مطالعه، تعداد ۳۰۰ قطعه میگوی پا سفید غربی با میانگین وزنی ۰/۲±۵/۱ گرم در ۱۲ تانک فایبرگلاس (هر تانک شامل ۲۵ عدد میگو) با شرایط یکسان از نظر حجم آب (۳۰۰ لیتری) و فاکتورهای کمی و کیفی مشابه به صورت تصادفی توزیع شدند. میانگین شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب طی دوره پرورش شامل: اکسیژن محلول (۰/۱±۶/۳ میلی‌گرم در لیتر)، دما (۲/۰±۳۰/۱درجه سانتی‌گراد)، شوری (۰/۱±۳۰/۲ گرم در لیتر)، pH (۱/۲±۸/۰)، نیتریت (۰۰۴/۰۰۱±۰/۰ میلی‌گرم در لیتر) و هدایت الکتریکی (۱/۵۱±۵۸۲۶/۲۱۳ میلی‌موس در سانتی‌متر) بود.

تهیه نانوذرات سلنیوم و روی

در این تحقیق از نانوذرات سلنیوم تهیه شده از شرکت نانومواد کیمیاگران با درجه خلوص ۹۹٪ با متوسط اندازه کمتر از ۵۰ نانومتر و نانوذرات روی خریداری شده از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان با درجه خلوص ۹۸٪ با متوسط اندازه ۳۰-۲۵ نانومتر استفاده شد. در این مطالعه اندازه ذرات با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) تایید شد.

تهیه جیره‌های منتخب

به منظور تهیه جیره‌های منتخب، نانوذرات سلنیوم و روی تهیه شده در سرم فیزیولوژی استریل به حالت سوسپانسیون درآمد و به روی جیره غذایی پایه (خوراک ۲۱ بیضا، شیراز) اسپری شد. شایان ذکر است، مقادیر سلنیوم و روی در خوراک ۲۱ بیضا پایه بسیار ناچیز و قابل اندازه گیری نبود. جیره پایه محتوی ٪۳۸/۲ پروتئین، ۸٪ چربی، خاکستر ۱۲٪، ۱٪ فیبر، ۸٪ رطوبت، ۳۲/۸ درصد عصاره عاری از نیتروژن (NFE) و ۳۳۰۰ کیلوگالری بر کیلوگرم خوراک بود. در این مطالعه نانوذرات سلنیوم و روی در غلظت‌های مورد نظر (جدول۱) به خوراک پایه افزوده شد، سپس خوراک در معرض هوای محیط (در سایه) قرار گرفت تا خشک گردد. در این تحقیق میگوها به مدت ۸ هفته به میزان ۴-۳ درصد بیوماس بدن و ۴ بار در روز با جیره‌های منتخب تغذیه شدند (برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد). طی غذادهی ثبات و پایداری نانوذرات افزوده شده به خوراک مورد بررسی قرار گرفت تا این ذرات در آب آزاد نشوند و میگوها به طور کامل آنها را خورده باشند. طی دوره، مدفوع و سایر مواد باقی‌مانده به طور روزانه از کف وان‌ها سیفون و حدود ۲۰ درصد آب هر وان به صورت روزانه تعویض می‌شد.

جدول ۱: تیمارهای مورد استفاده در این مطالعه جهت بررسی تأثیر غلظت های متفاوت نانو ذرات سلنیوم و روی
Table 1: The treatments used in this study to evaluate the effect of different concentrations of selenium and zinc nanoparticles

تیمارها	اجزای تشکیل دهنده
شاهد	خوراک پایه
تیمار ۱	۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم
تیمار ۲	۰/۱۵ میلی گرم نانو ذرات سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو ذرات روی
تیمار ۳	۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی

بررسی شاخص‌های رشد

به منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم و روی بر شاخص‌های رشد میگوی پا سفید غربی و مقایسه بین تیمارهای مختلف، به فاصله زمانی ۱۵ روز یکبار وزن میگوها هر تیمار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول کل با خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در این بررسی، نمونه‌برداری‌ها به طور کاملاً تصادفی و از ۵۰ درصد جمعیت هر تکرار انجام شد. شایان ذکر است، یک روز قبل از زیست‌سنجی، غذادهی قطع می‌شد (Cheng *et al*., 2002). در این مطالعه، شاخص‌های رشد میگوها و درصد بازماندگی آنها طبق روابط ذیل محاسبه گردید (Tacon *et al*., 2002).

{وزن ابتدایی (گرم) - وزن نهایی (گرم)} = افزایش وزن بدن (گرم)

۱۰۰ ×{(تعداد روزهای پرورش)/(لگاریتم طبیعی وزن اولیه – لگاریتم طبیعی وزن ثانویه)} = ضریب رشد ویژه (SGR)

{افزایش وزن بدن (گرم)/ مقدار غذای داده شده (گرم)} = ضریب تبدیل غذایی (FCR)

۱۰۰× (تعداد اولیه میگو/ تعداد میگوهای باقی‌مانده) = درصد بازماندگی (SR)

ترکیبات شیمیایی لاشه

در انتهای دوره، تعداد ۳۶ قطعه میگو (۳ میگو از هر تکرار) به صورت تصادفی انتخاب و جهت تعیین تقریبی ترکیب شیمیایی لاشه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شد. تعیین ترکیبات لاشه در آزمایشگاه با استفاده از روش استاندارد AOAC (۱۹۹۵) انجام شد. اندازه‌گیری پروتئین خام با استفاده از دستگاه کلدال، چربی خام به روش سوکسله، رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت صورت گرفت.

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در ابتدا همگنی واریانس داده‌ها به کمک آزمون لون (Test Leven) و نرمال بودن با استفاده از آزمون کلموگروف – اسمیرنف (Kalmogorov-Smiranov Test) انجام گرفت. در این مطالعه از طرح آماری در قالب طرح کاملاً" تصادفی Completely (CRD) Randomized Design در سه تکرار برای هر تیمار و شاهد استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۰ و با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) صورت گرفت. مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Multiple- range test Duncans) در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شد ($p<۰/۰۵$).

نتایج

شاخص‌های رشد و بازماندگی

نتایج مربوط به شاخص‌های رشد و بازماندگی تیمارهای مختلف تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم و روی در انتهای دوره در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس این نتایج درصد افزایش وزن (BWI)، افزایش وزن بدن، میزان نرخ رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) در تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) نسبت به گروه شاهد و تیمارهای ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم) و ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو

ذرات روی) اختلاف معنی داری را نشان داد (p<۰/۰۵). نتایج این بررسی نشان داد که اختلاف معناداری در درصد بازماندگی بین تیمارهای ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم) و ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) نسبت با تیمارهای شاهد و ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی) مشاهده شد (p<۰/۰۵).

جدول ۲: میانگین شاخص‌های رشد و بازماندگی در میگوهای پا سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم و روی در انتهای روز ۵۶ پرورش

Table 2: The average of growth indicators and survival rate of Whiteleg shrimp fed with different levels of selenium and zinc nanoparticles at the end of day 56

شاخص	تیمار			
	شاهد	تیمار ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم)	تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی)	تیمار ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی)
وزن اولیه (گرم)	۵/۰±۲۴/۶۲^{a}	^{a}۵/۰±۲۱/۴۲	۵/۰±۲۴/۴۶^{a}	۵/۰±۲۳/۵۰^{a}
وزن نهایی (گرم)	۹/۰±۹۰/۳۱^{b}	۱۰/۰±۸۲/۶ ^{ab}	۱۱/۰±۷۹/۵^{a}	۱۰/۰±۵۷/۴۲^{b}
درصد افزایش وزن	۸۸/۳±۹/۳^{c}	۱۰۷/۴±۶/۱^{b}	۱۲۵/۵±۱/۱^{a}	۱۰۲/۶±۰/۸^{b}
افزایش وزن بدن (گرم)	۴/۰±۶۶/۲^{c}	۵/۰±۶۱/۳^{b}	۶/۰±۵۵/۴^{a}	۵/۰±۳۴/۴^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰±۴۷/۱۲^{a}	۱/۰±۳۰/۰۸^{b}	۱/۰±۰۹/۰۸^{c}	۱/۰±۳۲/۱۶^{b}
نرخ رشد ویژه	۱/۰±۷/۰۷ ^{c}	۱/۰±۸۶/۱۱^{b}	۲/۰±۰۲/۱۲^{a}	۱/۰±۸۱/۰۹^{b}
درصد بازماندگی	۹۰/۱±۸/۶^{b}	۹۷/۱±۸/۰^{a}	۹۸/۰±۱/۸^{a}	۹۲/۲±۱/۲^{b}

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (p<۰/۰۵).

ترکیبات شیمیایی لاشه

در جدول ۳ آنالیز ترکیب شیمیایی لاشه میگو پا سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی در انتهای دوره نشان داده شده است. بررسی آماری نشان‌دهنده آن است که اختلاف معناداری در درصد پروتئین و چربی لاشه در میگو پا سفید غربی تغذیه شده با جیره حاوی سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی با تیمار شاهد وجود دارد (p<۰/۰۵). در این بررسی میگوهای تغذیه شده در تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم + ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) دارای بالاترین مقدار پروتئین خام (۱۹/۰±۲/۱۵ درصد از وزن مرطوب) و کمترین درصد چربی خام (۰/۰±۹۲/۰۵) بودند. همچنین از نظر درصد خاکستر و رطوبت اختلاف مشاهده شده در تیمار حاوی سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی با تیمار شاهد معنادار نبود (p≥۰/۰۵).

جدول ۳: میانگین ترکیبات شیمیایی بدن میگو پا سفید غربی (درصد از وزن مرطوب) تغذیه شده با سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی در انتهای دوره

Table 3: Chemical composition (percentage of wet weight) of Whiteleg shrimp fed with different levels of selenium and zinc nanoparticles at the end of the study

شاخص	تیمار			
	شاهد	تیمار ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم)	تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی)	تیمار ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی)
پروتئین خام	۱۸/۰±۱/۱۳^{b}	۱۸/۰±۵/۲۴^{ab}	۱۹/۰±۲/۱۵^{a}	۱۹/۰±۰/۱۳^{a}
خاکستر	۱/۰±۵۲/۱۰^{a}	۱/۰±۸۲/۱۲^{a}	۱/۰±۷۶/۱۶^{a}	۱/۰±۶۲/۲۳^{a}
چربی خام	۱/۰±۱۶/۰۶^{b}	۱/±۰۹/۰۴^{ab}	۰/۰±۹۲/۰۵^{a}	۱/۰±۰۴/۱^{a}
رطوبت	۷۷/۲±۲/۵^{a}	۷۷/۲±۴/۳^{a}	۷۶/۱±۷/۶^{a}	۷۶/۲±۹/۴^{a}

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (p<۰/۰۵).

بحث

با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از هزینه‌های پرورش میگو مربوط به تهیه غذا می‌باشد، بهبود وضعیت تغذیه‌ای منجر به سودمندتر شدن پرورش آن خواهد شد (Yaoling *et al.*, 1998; Mohseni *et al.*, 2006). بر اساس این نتایج شاخص‌های رشد در تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) نسبت به گروه شاهد و تیمارهای ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم) و ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی) اختلاف معنی‌داری نشان داد. افزایش کارایی غذا و بهبود شاخص‌های رشد در تیمارهای دریافت کننده نانوذرات سلنیوم و روی به دلیل تامین ریزمغذی‌های ضروری مورد نیاز در جیره بوده است که در نتیجه آن میگو توانسته از انرژی و منابع پروتئینی جیره به‌خوبی استفاده نماید و عملکرد رشد بهتری نسبت به تیمار شاهد داشته باشد (Muralisankar *et al.*, 2016; Swain *et al.*, 2018). بررسی‌ها نشان‌دهنده آن است که حضور سلنیوم در غذا به منظور حفظ رشد طبیعی و سوخت و ساز آبزی ضروری است (Hamilton, 2004). کمبود سلنیوم می‌تواند در توقف رشد، از دست دادن اشتها، مرگ و میر، آسیب‌های اکسیداتیو سلولی و غشاها منجر شود و عملکرد دفاعی میزبان را کاهش دهد (Watanabe *et al.*, 1997).

مشابه با نتایج حاضر، مطالعه Muralisankar و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که استفاده از نانوذرات روی تا سطح ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک موجب بهبود شاخص‌های رشد و افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی (آمیلاز، لیپاز و پروتئاز) پست لارو میگوی روزنبرگی گردید. نتایج مطالعه احمدوند و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان داد که استفاده از نانوذرات سلنیوم به‌ویژه در غلظت ۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره ماهی کپور معمولی موجب افزایش معنادار شاخص‌های رشد ماهیان (وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، درصد وزن کسب شده) در مقایسه با تیمارهای حاوی فرم آلی سلنیوم (Selemax) و شاهد شده است. در مطالعه Ashouri و همکاران (۲۰۱۵) نیز عملکرد رشد (شامل وزن نهایی و افزایش وزن) ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با ۱ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره بهبود یافته است.

انواع روش‌های غذادهی، عوامل محیطی مانند درجه حرارت آب و اکسیژن محلول، اندازه و سن آبزی و ترکیب اجزاء غذایی مقدار ضریب تبدیل غذایی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Jabeen *et al.*, 2004). بر اساس نتایج مطالعه حاضر ضریب تبدیل غذایی (FCR) در تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) نسبت به گروه شاهد و تیمارهای ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم) و ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی) اختلاف معنی‌داری نشان داد و کمترین میزان را به‌خود اختصاص داد ($p<۰/۰۵$) که با توجه به هزینه بالای خوراک در تولید میگو، کاهش مقدار ضریب تبدیل غذایی موجب پایین آمدن هزینه نهایی تولید خواهد شد. بهبود ضریب تبدیل غذایی ماهیان در جیره‌های غذایی حاوی مکمل‌های نانوکپسوله سلنیوم و روی احتمالاً به دلیل تاثیراتی است که ترکیبات مذکور بر سوخت و ساز بدن میگوها ایجاد می‌کنند (Sritunyalucksana *et al.*, 2011) و بدین ترتیب میزان جذب غذا و کارایی آن را افزایش می‌دهند.

نتایج بررسی حاضر نشان داد که اختلاف معناداری در درصد بازماندگی بین تیمارهای ۱ (۰/۳ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم) و ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) نسبت با تیمارهای شاهد و ۳ (۳۰ میلی‌گرم نانو ذرات روی) وجود دارد. افزودن مکمل خوراکی نانو ذرات سلنیوم به دلیل بهبود وضعیت سیستم آنتی اکسیدانی (Zhou *et al.*, 2009) و تحریک کردن سیستم ایمنی غیراختصاصی میگو (Swain *et al.*, 2018) می‌تواند منجر به افزایش نرخ بقاء (بازماندگی) در تیمارهای مورد بررسی گردد. همسو با مطالعه حاضر، بررسی نتایج Zhou و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد مکمل سلنیوم در رژیم غذایی میگوی *Neocaridina heteropoda* می‌تواند مقاومت میگو به غلظت کم نیتریت محیط را افزایش دهد و همچنین نقش بالقوه و مفیدی را به عنوان یک آنتی اکسیدان موثر در میگو ایفاء می‌کند. در مطالعه مشابه، Swain و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که استفاده از مکمل غذایی حاوی نانوذرات سلنیوم (۰/۳ میلی‌گرم در

کیلوگرم خوراک) و نانو ذرات روی (۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک) در جیره غذایی کپور ماهی روهو موجب افزایش نرخ بازماندگی و افزایش مقاومت ماهیان در مواجهه با باکتری آئروموناس هیدروفیلا شده است.

درصد و مقدار غذادهی روزانه و ترکیب غذایی جیره از جمله عوامل مؤثر در میزان ترکیبات شیمیایی لاشه هستند (Gawlicka *et al.*, 2002). همسان نبودن نتایج می‌تواند به علت تفاوت در مواد تشکیل دهنده و نحوه استفاده از ترکیبات در جیره غذایی، تفاوت گونه‌های آبزی مورد مطالعه، طول دوره استفاده از ترکیبات در جیره غذایی و شرایط متفاوت محیط آزمایشی باشد. بررسی آماری تحقیق حاضر نشان‌دهنده آن است که اختلاف معناداری در درصد پروتئین و چربی لاشه در میگوهای پا سفید غربی تغذیه شده با جیره حاوی سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی با تیمار شاهد وجود دارد ($p<۰/۰۵$). در این بررسی میگوهای تغذیه شده در تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی) دارای بالاترین مقدار پروتئین خام (۰/۱۵±۱۹/۲) و کمترین درصد چربی خام (۰/۰±۹۲/۰۵) می‌باشند. همچنین از نظر درصد خاکستر و رطوبت اختلاف مشاهده شده در تیمار حاوی سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی با تیمار شاهد معنادار نبود ($p\geq۰/۰۵$). در بررسی همسو صفابخش و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که افزودن سلنیوم در جیره غذایی بچه فیل ماهی جوان پرورشی در سطوح بیشتر از ۱۰ و کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره بچه فیل ماهی سبب بهبود کارایی تغذیه و افزایش درصد پروتئین و رطوبت لاشه و کاهش درصد چربی لاشه شده است. Lee و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که از جمله معایب میکروب های مضر در دستگاه گوارش، افزایش تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه مواد گوارشی، فعالیت دی امیناسیون پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه مصرفی و نیز افزایش سرعت تجزیه آنها در اثر موادی از قبیل آنزیم اوره آز است که میکروب‌ها آنها را ترشح می‌کنند. استفاده از سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم به‌ویژه فرم ترکیبی ۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم نانو روی موجب کاهش این جمعیت میکروبی مضر گردید (Zhai *et al.*, 2018)، لذا، سرعت تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه مواد گوارشی کاهش می‌یابد و مقادیر بیشتری از آن جذب بدن شده و در بدن ذخیره می‌شود. به تبع آن کاهش تبدیل پروتئین به چربی مشاهده می‌شود و مقادیر کمتری از چربی در بدن ذخیره شده و مقدار آن در بدن آبزی کاهش می‌یابد.

در مجموع، تأثیر سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم و روی به‌ویژه در تیمار ۲ (۰/۱۵ میلی‌گرم نانو سلنیوم+ ۱۵ میلی‌گرم/کیلوگرم خوراک نانو روی) بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیبات شیمیایی لاشه میگوی (پروتئین و چربی) کاملاً مثبت و معنی‌دار ارزیابی شد. هر چند که تعیین سطح بهینه نانوذرات سلنیوم و روی در جیره غذایی میگو، اثرگذاری آن بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و آنتی اکسیدانی و اثرات ایمنی زایی آن نیازمند انجام مطالعات تکمیلی است.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس (بندرعباس، ایران) انجام شده است.

منابع

احمدوند، ش.، کرامت امیرکلایی، ع.، اورجی، ح. و احمدوند، ا.، ۱۳۹۴. بررسی اثرات نانوذرات سلنیوم در مقایسه با تیمارهای حاوی فرم آلی سلنیوم (Selemax) بر عملکرد شاخص های رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه محیط زیست جانوری. ۷(۲): ۱۸۹-۱۸۳.

شبرنگ هره دشت، م. و میروافقی، ع.، ۱۳۹۱. کاربرد فناوری های نانو در شیلات. ماهنامه فناوری نانو. ۱۱(۶): ۱۳-۱۵.

صفابخش، م.ر.، بحری، ا.م.، محسنی، م. و محمدی زاده، ف.، ۱۳۹۸. تاثیر سلنیوم بر شاخص های رشد، ترکیب لاشه و برخی از شاخص های خونی فیل ماهیان جوان پرورشی. نشریه توسعه آبزی پروری. ۱۳(۱): ۸۹-۱۰۱.

گل آقایی، م.، عادل، م. و حافظیه، م.، ۱۳۹۵. تاثیر مصرف پودر سیر خام (*Allium sativum*) بر شاخصهای رشد، بازماندگی و ترکیب بدن میگوی پا سفید (*Litopenaeus vannamei*) پرورش یافته با آب دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. ۲۵(۲): ۱۵۰-۱۴۳. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110246

یزدانی ساداتی، م.ع. و رضایی، ا.، ۱۳۹۳. تاثیر جایگزینی پروتئین کنستانتره سویا بجای پودر ماهی بر شاخص‌های رشد و ترکیب لاشه تاسماهی سیبری. مجله علمی شیلات ایران. ۲۳(۴):۷۳-۸۵. DOI: 10.22092/ISFJ.2015.103170

Ahsan, U., Kamran, Z., Raza, I., Ahmad, S., Babar, W., Riaz, M.H. and Iqbal, Z., 2014. Role of selenium in male reproduction-A review. *Animal Reproduction Science*, 146: 55-62. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2014.01.009

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists International, 16nd edn. Arlington, VA, USA, pp. 21–25.

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. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.04.021.

Cheng, W., Liu, C.H., Yan, D.F. and Chen, J.C., 2002. Hemolymph oxyhemocyanin, protein, osmolality and electrolyte levels of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). in relation to size and molt stage. *Aquaculture*, 211(1): 325-339. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00768-2.

Gawlicka, A., Herold, M.A., Barrows, F.T., De La Noue, J. and Hung, S.S.O., 2002. Effects of dietary lipids on growth, fatty acid composition, intestinal absorption and hepatic storage in white sturgeon (*Acipenser transmontanus* R.) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 18: 673-681. DOI: 10.1046/j.1439-0426.2002.00371.

Ghorbani Vagheie, R., Matinfar, A., Aeinjamshid, K., Hafezieh, M. and Ghorbani, R., 2011. Replacing of live food with artificial diet on growth and survival rates of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 20(3): 87-102. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110010.

Hamilton, S.J., 2004. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. *Science of the Total Environment*, 326: 1-31. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.01.019

Jabeen, S., Salim, M. and Akhtar, P., 2004. Feed conversion ratio of major carp *Cirrhinus mrigala* fingerlings fed on cotton seed meal, fish meal and barley. *Pakistan Veterniary Journal*, 24: 42-45.

Lee, K.W., Everts, H., Kappert, H.J., Frehner, M., Losa, R. and Beynen, A.C., 2003. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British Poultry Science*, 44: 450-457. DOI: 10.1080/0007166031000085508.

Mohseni, M., Pourkazemi, M., Bahrain, M., Falahatkar, B., Pourali, H.R. and Salehpour, M., 2006. Effects of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon, *Huso huso*. *Journal of Appllied Ichthyology*, 22: 278-282. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00968.x

Muralisankar, T., Saravana Bhavan, P., Radhakrishnan, S., Seenivasan, C. and Srinivasan, V., 2016. The effect of copper nanoparticles supplementation on freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* post larvae. *Journal of Trace Element Medicine Biology*, 34: 39-49. DOI: 10.1016/j.jtemb.2015.12.003.

Nair, Re., Nair, H.S., Maekawa, B.G., Tu Yoshida, Y. and Kumar, D.S., 2010. Nanoparticulate Vargh material delivery to plants. *Plant Science*, 179: 154-163. DOI: 10.1016/j.plantsci.2010.04.012.

Sritunyalucksana, K., Intaraprasong, A., Sanguanrut, P., Filer, K. and Fegan, D.F., 2011. Organic selenium supplementation promotes shrimp growth and disease resistance to Taura Syndrome virus. *Science Asia*. 37(1): 24-30. DOI: 10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.024

Swain, P., Das, R., Das, A., Kumar Padhi, S., Chandra Das, K. and 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*, pp. 1–9. DOI: 10.1111/anu.12874.

Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P. and Decamp, O.E., 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*, 8: 121–139. DOI: 10.1046/j.1365-2095.2002.00199.

Watanabe, T., Kiron, V. and Satoh, S., 1997. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, 151: 185-207. DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01503-7.

Yaoling, L., Jiunrong, C., Mengsyh, S., Mingler, L.I.Y.L., Chen, J.R., Shien, M.S. and Shien, M.J., 1998. The effects of garlic powder on the hypolipidemic function and ant oxidative status in hamsters. *Natural Science Journal*, 23: 171-178. DOI: 10016958-199805-23-2-171-187.

Zhai, Q., Cen, S., Li, P., Tian, F., Zhao, J., Zhang, H. and Chen, W., 2018. Effects of dietary selenium supplementation on intestinal barrier and immune responses associated with its modulation of gut microbiota. *Environmental Science and Technology Letters*, 12: 724-730. DOI:10.1021/acs.estlett.8b00563

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: 78-81. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.03.007.

The effects of different concentrations of selenium and zinc nanoparticles on growth performance, survival and chemical composition of Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Karamzadeh, M.[1], Yahyavi , M.[1*], Salarzadeh, A.[1], Nokhbe Zare, D.[1]

[*]maziar_yahyavi@yahoo.com

1- Department of Fisheries, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran.

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of different concentrations of selenium and zinc nanoparticles on growth performance, survival and chemical composition of Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). For this purpose, shrimp with an average weight of 5.1±0.2 g were distributed in 12 fiberglass tanks with 25 shrimp density and were fed for 56 days with different concentrations of selenium and zinc nanoparticles in four groups with three replicate including 0 (control), T_1 (0.3 mg/kg of selenium nanoparticl), T_2 (0.15 mg/kg of selenium nanoparticle+ 15 mg/kg of zinc nanoparticl) and T_3 (30 mg/kg of zinc nanoparticl). Based on these results, weight gain increasing, specific growth rate and feed conversion ratio in T_2 treatment compare to T_1, T_3 and control treatments ($p<0.05$). Also, there is significant differences in survival rate between T_1 and T_2 treatments compared to T_3 and control ($p<0.05$). Statistical analysis showed that there was a significant difference in protein and lipid carcass percentage between shrimp-fed diets containing different levels of selenium and zinc nanoparticles compared to control treatment. In general, the effect of different concentrations of selenium and zinc nanoparticles, especially in the T_2 on growth performance, survival and chemical composition was positively and significantly evaluated.

Keywords: Selenium nanoparticle, zinc nanoparticle, *Litopenaeus vannamei,* Growth performance, Chemical composition

[*]Corresponding author