اثرات سلنیوم روی عملکرد رشد، هماتوکریت و برخی پارامترهای خون شناسی بچه ماهی قزل آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

حمید رجبی استرابادی *[1]، حسین عمادی[2] و محمد رضا ایمانپور[3]

۱، ۲- گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
۳- گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تـــاریخ دریافـــت: ۱۳۹۰/۱۲/۸ تـــاریخ پـــذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱

چکیده

به منظور بررسی ترکیب آلی و معدنی سلنیوم بر رشد، میزان هماتوکریت و برخی از پارامترهای خون شناسی بچه ماهی قزل آلا (*Oncorhynchus mykiss*)، آزمایشی در طول دوره ۹۰ روزه در مزرعه پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان واقع در ساری انجام گرفت. برای انجام کار، در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ سطح سلنومتیونین (۲، ۴ و ۸ میلی گرم) و ۳ سطح سلنیت (۲، ۴ و ۸ میلی گرم) هر کدام در سه تکرار روی ماهی قزل آلای رنگین کمان انجام گرفت. در این تحقیق از ۲۱ عدد مخزن مدور فایبرگلاس به حجم ۳۰۰ لیتر استفاده گردید. تعداد ۳۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (با میانگین وزنی ۲± ۲۳/۱۵ گرم) درون مخازن توزیع و ۳ بار در روز (ساعت های ۸:۰۰، ۱۲:۰۰ و۱۶:۰۰) به طور دستی تغذیه شدند. در پایان دوره آزمایش فاکتورهای رشد، هماتوکریت و برخی پارامترهای خون شناسی تعیین گردید. نتایج نشان دادند که ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و درصد بازماندگی با افزایش سطح سلنیوم آلی و معدنی اختلاف معنی داری نداشت (۰/۰۵ < P). از سوی دیگردر بررسی میزان رشد وزنی در رابطه با سطوح سلنیوم نتایج نشان داد که افزایش میزان سلنیوم آلی، باعث بهبود وزنی گردیده و میزان آن به طور معنی داری افزایش یافت (۰/۰۵ > P). همچنین شمار گلبول قرمز به ترتیب در تیمارهای ۴ میلی گرم سلنیوم آلی و ۸ میلی گرم سلنیوم معدنی و شمار گلبول سفید در تیمار ۲ میلی گرم سلنیوم آلی کاهش معنی داری ملاحظه شد (۰/۰۵ > P). با افزایش سطح سلنیوم آلی و معدنی فاکتورهای هماتوکریت و هموگلوبین اختلاف معنی داری نداشت (۰/۰۵ < P). نتایج نشان دادند در کل تیمارها تفاوت معنی داری در شمار افتراقی گلبول های سفید وجود ندارد (۰/۰۵ < P). این مطالعه نشان داد تفاوت معنی داری در میزان گلبول های قرمز در تیمارهای مختلف ثبت نگردید . افزودن ۸ میلی گرم سلنومتیونین در جیره با افزایش رشد وزنی به میزان ۲۳/۶۷±۵۴ همراه بوده و همچنین افزودن۴ میلی گرم سلنیوم آلی و ۸ میلی گرم سلنیوم معدنی باعث کاهش تعداد گلبول قرمز و ۲میلی گرم سلنیوم آلی باعث کاهش شمار گلبول سفید در بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان گردید.

* نگارنده پاسخگو: **h.rajabi.s@gmail.com**

واژگان کلیدی
قزل آلای رنگین کمان، سلنومتیونین، سلنیت، رشد، هماتوکریت

مقدمه

صید آبزیان از دریاها و منابع آبی و آبزی پروری آن ها از اهمیت ویژه ای بر خوردار است. افرایش درآمد حاصل از پرورش ماهی، مناسب تر بودن ماهی بعنوان یک منبع غذایی در مقایسه با گوشت قرمز و مرغ از نظر بهداشتی و ضریب تبدیل غذا به گوشت، کمتر بودن مواد زائد و غیر قابل مصرف، نیاز به انرژی کمتر بخاطر خونسرد بودن، قابلیت استفاده از تمام ابعاد (طول، عرض و عمق) درپرورش ماهی و همچنین کاهش ذخایر طبیعی ماهیان بر اثر صید بی رویه به رشد صنعت آبزی پروری شتابی بیش از پیش بخشیده است. مطابق گزارش های موجود ۳۵ تا ۶۰ درصد هزینه تولید پرورش ماهیان مربوط به هزیته غذا می باشد (Forester *et al.*, ۱۹۹۹). قزل آلای رنگین کمان با نام علمی *Oncorhynchus mykiss* در صنعت آبزی پروری ایران عمده گونه ماهی سردآبی پرورشی است. تولید آن سالانه در حال افزایش است. سلنیوم عنصری کم یاب، ضروری برای بشر و حیوانات است. این ماده در تمام قسمت های گلوتاتیون پراکسیداز یافت می شود (Rotruck *et al.*, ۱۹۷۳). گلوتاتیون پراکسیداز نقش دفاع سلولی در برابر آسیب اکسیداتیو ساختارهای سیتوپلاسمیک را از راه کاهش کاتالیز هیدروژن پراکسید و لیپید پراکسید دارد (Watanabe *et al.*, ۱۹۹۷). سلنومتیونین، فرم شیمیایی غالب سلنیوم آلی در خوراک جانوران است که دسترسی زیستی بالاتری نسبت به سلنیوم غیرآلی(سلنیت) برای ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Bell & Cowey, ۱۹۸۹; Lorentzen *et al.*, ۱۹۹۴) و گربه ماهی کانالی (Wang & Lovell, ۱۹۹۷) را دارا می باشد. پودر سلنیوم در آب حل نمی شود و به طور کلی از لحاظ زیستی خنثی است (Zhang *et al.*, ۲۰۰۵). سلنیوم همچنین در ترکیب پروتئین در بافت حیوانات همراه می باشد (Burk & Hill, ۱۹۹۳). پس می توان نتیجه گرفت که گوشت و غذاهای دریایی منبع رژیم غذایی قابل اطمینانی از مواد معدنی هستند (Gibson, ۱۹۹۰). واکنش های اکسیداتیو بدتر شونده، در گوشت منجر به از بین رفتن ارزش عناصر غذایی و کیفیت گوشت می شوند. به منظور افزایش پایداری اکسیداتیو گوشت و به منظور بهبود کیفیت آن، آنتی اکسیدان هایی مانند سلنیوم به غذای دام های اهلی افزوده می شوند (Mahan *et al.*, ۱۹۹۹; Downs *et al.*, ۲۰۰۰; Gatellier *et al.*, ۲۰۰۴). سلنیوم نقش محافظتی را در برابر بیماری های اکسیداتیو ناشی از استرس های فیزیکی دارد. سلنیوم در بافت های پروتئینی سلنیوم دار فعال بعنوان سلنوسیستئین به میزان زیادی وجود دارد (Beckett & Arthur, ۲۰۰۵). در اندام های بزرگ تر ، سلنیوم نقش بحرانی را برای حفاظت اکسیداتیو و حالات ایمنی بازی می کند ، بنابراین سلنیوم برای حفاظت از سلامتی ضروری است (Brown & Arthur, ۲۰۰۱; Rayman, ۲۰۰۰). کارائی اصلی سلنیوم در حمایت از ترکیبات زیستی، DNA ، پروتئین و لیپید در برابر حمله رادیکال های آزاد تولید شده در طول متابولیسم نرمال است. بنابراین این مطالعه به منظور بررسی کاربرد منابع مختلف سلنیوم شامل سلنومتیونین و سلنیت طراحی شد به عنوان مکمل غذایی در رژیم غذایی برای قزل آلای رنگین کمان که در صنعت آبزی پروری ایران عمده گونه ماهی سردآبی پرورشی است. به علاوه، شاخص های رشد و برخی پارامترهای خون شناسی در ماهی قزل آلای رنگین کمان مورد تحقیق قرار گرفت.

موارد و روش کار

این تحقیق در مزرعه پرورش ماهی قزل الای رنگین کمان واقع در ساری، پایین دست سد شهید رجایی انجام گرفت. آزمایش روی ماهیان قزل الای رنگین کمان با میانگین وزن (۲± ۲۳/۱۵ گرم) صورت گرفت. آب مورد نیاز از سد شهید رجایی در بالا دست کارگاه قرار داشت تأمین شد. آزمایش در طول دوره ۹۰ روز با ۳ سطح سلنومتیونین (۲، ۴ ، ۸ میلی گرم) و ۳ سطح سلنیت (۲، ۴ و ۸ میلی گرم) روی ماهی قزل الای رنگین کمان انجام گرفت. در این تحقیق از ۲۱ عدد مخزن مدور فایبرگلاس هر کدام به حجم ۳۰۰ لیتر استفاده گردید. تعداد ۳۰ عدد ماهی قرل آلای رنگین کمان (با میانگین وزنی ۲± ۲۳/۱۵ گرم) درون مخازن توزیع و ۳ بار در روز (ساعت های ۸:۰۰، ۱۲:۰۰ و۱۶:۰۰) به طور دستی تغذیه شدند. میانگین دمای آب ۱۴±۰/۲ درجه سانتی گراد، میانگین پی اچ ۷/۶±۰/۴ و میانگین غلظت اکسیژن محلول در آب ۸/۳±۰/۳ میلی گرم در لیتر بود. ترکیبات اصلی جیره های غذایی شامل رطوبت، چربی و پروتئین بر اساس روش استاندارد مورد آنالیز قرار گرفت همچنین میزان انرژی جیره ها نیز(۱۰× مجموع انرژی حاصل از هر گرم پروتئین + کربوهیدرات + چربی = انرژی قابل هضم) مورد محاسبه قرار گرفت. برای اندازه گیری میزان رطوبت جیره غذایی از آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت، برای اندازه گیری پروتئین از روش کلدال و برای اندازه گیری میزان چربی از روش سوکسله استفاده گردید(Zhou *et al.*, ۲۰۰۹).

برای تهیه رژیم های غذایی برای تیمار های مختلف ابتدا غلظت مناسبی از روغن نباتی(میزان ۳ تا ۴ درصد وزن غذا) که در مقیاس آزمایشگاهی بررسی و تعیین شده بود، تهیه گردید. سلنیوم با ۳ سطح سلنومتیونین (۲، ۴ و ۸ میلی گرم) و ۳ سطح سلنیت (۲، ۴ و ۸ میلی گرم) به محلول روغن اضافه شده و برای جبران افتی که وجود داشت (هنگام تهیه محلول، باقی ماندن در ته ظرف و اسپری کردن) یک درصد سلنیوم به هر تیمار اضافه شد و سپس با غذا (غذای بچه ماهیان قزل آلا FFT۲ شرکت چینه) مخلوط، بعد از خشک شدن به ماهیان داده شد(Lin & Shian., ۲۰۰۶).

جدول ۱- تجزیه ترکیبی غذایی بچه ماهی قزل الای FFT۲

مواد	درصد
پروتئین خام	۴۰±۱
چربی خام	۱۱±۱
خاکستر	۱۰±۰/۵
فیبر	<۴
رطوبت	۱۱-۱۰
کربوهیدرات	۲۴
فسفر	۱/۲±۰/۱
انرژی قابل هضم(Kcal/kg)	۳۵۵۰±۱۰۰
TVN (mg/۱۰۰gr)	<۵۰

اندازه غذا به میلیمتر	۳/۵
شکل فیزیکی خوراک	دان

جمعاً ۶۳۰ عدد ماهی قرل آلای رنگین کمان با میانگین وزن (۲± ۲۳/۱۵ گرم) در ۲۱ مخزن و در هر مخزن ۳۰ بچه ماهی رها گردید. جهت سازگاری با جیره های آزمایشی، نمونه ها به مدت ۷ روز غذادهی شدند. سپس آن ها با ۷ جیره آزمایشی و ۳ تکرار طی ۹۰ روز ، ۳ بار در روز (ساعت های ۸:۰۰، ۱۲:۰۰ و۱۶:۰۰) تغذیه شدند. برای آگاهی از کارایی جیره ها بر رشد وزنی بچه ماهیان، هر ۱۲ روز یکبار، اقدام به زیست سنجی گردید. در زیست سنجی کل ماهیان صید و وزن آنها اندازه گیری شد. غذای مورد نیاز روزانه در مقاطع مختلف با توجه به وزن توده زنده آنها در هر زیست سنجی محاسبه و در اختیار ماهی بر مبنای ۳ درصد وزن بدن قرار گرفت و به صورت دستی انجام و غذا در تمام سطح مخزن یکنواخت توزیع گردید (Rider *et al.*,۲۰۰۹).

در پایان دوره پرورش، پس از ۲۴ ساعت از قطع تغذیه و اطمینان از دفع کامل محتویات لوله گوارشی، به طور تصادفی ۳ عدد ماهی از هر مخزن انتخاب و در محلول گل میخک (با غلظت ۰/۵ سی سی در لیتر) بیهوش شدند. نمونه های خون از سیاهرگ دمی گرفته و به لوله های محتوی sodium EDTA (بعنوان ماده ضد انعقاد) وارد شدند، آن ها فورا به آزمایشگاه منتقل و مورد سانتریفیوژ قرار گرفتند. سرم ها قبل از آنالیز های خونشناسی به مدت ۱۲ ساعت در فریزر نگهداری شدند. در پایان هر مرحله نمونه برداری مقادیر غذای داده شده مطابق وزن ماهی هر مخزن مدیریت شد و در مرحله اخر نمونه برداری اندازه گیری وزن بچه ماهیان، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و درصد بازماندگی مطابق فرمول های زیر محاسبه شد (Zhou *et al.*, ۲۰۰۹). برای ارزیابی رشد وزنی بچه ماهی ها هر ۱۲ روز یک بار، وزن آنها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری گردید.

۱۰۰ × تعداد روزهای غذا داده شده / (وزن اولیهLn - وزن نهاییLn) : ضریب رشد ویژه

وزن اضافه شده / غذای مصرفی : ضریب تبدیل غذایی

۱۰۰× (تعداد اولیه ماهی / تعداد نهایی ماهی) : درصد بازماندگی

پس از همگن کردن خون، با محلول رقیق کننده گلبول قرمز (ریس) رقیق شد. یک قطره خون بین لام سنگی ولام هموستیو ریخته شد. گلبول قرمز را در ۵ خانه از ۲۵ خانه مربوط به شمارش گلبول های قرمز را مورد شمارش قرار گرفت وسپس مجموع گلبول های قرمز شمارش شده در ۵ خانه را در عدد ۱۰/۰۰۰ ضرب شد تا تعداد گلبول قرمز در یک میلی متر مکعب خون محاسبه گردد. برای شمارش گلبول های سفید خون با محلول ریس رقیق گردید سپس یک قطره از محلول را بین لام سنگی ولام هموسیتوتر ریخته شد، گلبول های سفید در ۴ مربع ۱۶ تایی مربوط به گلبول‌های سفید شمارش شد و مجموع گلبول های سفید شمارش شده در عدد ۵۰ ضرب شد. پس از همگن کردن خون، دو سوم میکروپیپت هماتوکریت از خون پر شد و انتهای آن با خمیر مسدود گردید و با سانتریفوژ هماتوکریت با دور ۱۰۵۰۰ بار در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید و سپس با خط کش مخصوص بر حسب درصد هماتوکریت آن ثبت گردید. برای اندازه گیری هموگلوبین ۰/۰۲ سی‌سی خون را با پیپت سالی کشیده و با ۵ سی‌سی محلول درابکین رقیق کرده و بمدت ۱۰ دقیقه گذاشته شد تا گلبول های قرمز بوسیله این محلول لیز و هموگلوبین آزاد گردد. سپس با استفاده اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۴۰ نانومتر جذب نوری و

استاندارد را در مقابل درابکین خوانده و بر حسب گرم در دسی لیتر قرائت و ثبت گردید. برای شمارش انواع گلبول‌های سفید، پس از تهیه گسترش از خون با روش گیمسا گستره تهیه شده از خون پس از فیکس کردن با متانل رنگ آمیزی گردید و پس از خشک کردن با عدسی ۱۰۰، صد عدد گلبول سفید به تفکیک، شمارش و بر حسب درصد گزارش شد (طبرستانی، ۱۳۷۸). شاخص‌های مربوط به گلبول‌های قرمز خون کمک می کنند به شناسایی دلایل آنامی و شرایطی که تعداد گلبول‌های قرمز خون کم می‌باشند. شاخص‌های مربوط به گلبول های قرمز خون (MCV یا حجم متوسط گلبول قرمز، MCH یا غلظت متوسط همو گلوبین و MCHC یا درصد متوسط همو گلوبینی در یک گلبول) براساس هموگلوبین، هماتوکریت و شمارش تعداد گلبول قرمز خون مطابق فرمول های زیر محاسبه شد (Walker HK *et al.*, ۱۹۹۰):

حجم متوسط گلبول قرمز (میکرو متر مربع):

{حجم سلول بسته بندیشده/۱۰۰۰میلی لیتر خون}/{تعداد سلول قرمز خون در میلیون/میلی لیتر}

غلظت متوسط همو گلوبین(پیکوگرم بر سلول) :

{هموگلوبین در خون/ ۱۰۰۰ میلی لیتر خون}/{تعداد سلول قرمز خون در میلیون/ میلی لیتر}

درصد متوسط همو گلوبینی در یک گلبول(گرم بر دسی لیتر):

{ هموگلوبین در خون/ ۱۰۰۰ میلی لیتر خون ×۱۰۰}/{ حجم سلول بسته بندیشده/ ۱۰۰۰ میلی لیتر خون}

داده های بدست آمده به کمک آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) توسط آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۹۵ درصد (α=۰/۰۵) با استفاده از نرم افزار SPSS با یکدیگر مقایسه گردیدند.

نتایج

نتایج حاصل از تغذیه بچه ماهیان با تیمارهای مختلف غذایی بر شاخص های رشد شامل ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و درصد بازماندگی بچه ماهیان قزل آلا مورد تغذیه با سطوح سلنیوم آلی و معدنی در جدول (۲) ارائه شده است. ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی با افزایش سطح سلنیوم آلی و معدنی اختلاف معنی داری نشان نداد ($P > ۰/۰۵$). بیشترین ضریب رشد ویژه (۱/۲۶±۰/۰۲) در تیمار ۸ میلی گرم سلنیت و بیشترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۶۵±۰/۲۶) در تیمار صفر میلی گرم سلنیوم بدست آمده بود. کمترین ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی بدست آمده به ترتیب در تیمار صفر میلی گرم سلنیوم (۱/۰۷±۰/۱۷) و تیمار ۸ میلی گرم سلنیت(۱/۲۸±۰/۰۱) می باشد. در بررسی شاخص اضافه وزن در سطوح سلنیوم نشان داد که افزایش سطح سلنیوم آلی، باعث بهبود رشد وزنی گردیده و به طور معنی داری افزایش یافته است ($P < ۰/۰۵$). در کل تیمارها بهترین عملکرد رشد مربوط به تیمار ۸ میلی گرم سلنومتیونین(۶۰/۲۰±۴۶۴) و ضعیف ترین رشد مربوط به تیمار صفر میلی گرم سلنیوم (۳۶/۵۳±۳۹۰) می باشد. تفاوت معنی داری در میزان مرگ و میر در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. در بررسی شاخص های رشد در این مطالعه ضعیف‌ترین نتایج مربوط به تیمار صفر میلی گرم سلنیوم مشاهده شد.

جدول ۲- فاکتورهای رشد بچه ماهیان قزل آلا رنگین کمان تغذیه شده با سطوح سلنیوم آلی و معدنی در دوره پرورش ۹۰ روز

سلنیوم (میلی گرم)	اضافه وزن (گرم)	ضریب رشد ویژه	ضریب تبدیل غذایی	درصد بازماندگی
۰	۳۹۰±۳۶/۵۳^{b}	۱/۰۷±۰/۱۷^{b}	۱/۶۵±۰/۲۶^{b}	۱۰۰/۰±۰/۰^{b}
۸ آلی	۴۶۴±۶۰/۲۰^{a}	۱/۲۵±۰/۲۹^{b}	۱/۲۵±۰/۳۹^{b}	^{b}۱۰۰/۰±۰/۰
۴ آلی	۴۳۲/۳۳±۴۲/۵۵^{b}	۱/۲۴±۰/۱۱^{b}	۱/۳۰±۰/۱۳^{b}	^{b}۱۰۰/۰±۰/۰
۲ آلی	۴۱۳/۲۲±۵۰/۶۱^{b}	۱/۱۰±۰/۰۵^{b}	۱/۴۴±۰/۱۲^{b}	^{b}۱۰۰/۰±۰/۰
۸معدنی	۴۴۰/۳۳±۴۳/۶۲^{b}	۱/۲۶±۰/۰۲^{b}	۱/۲۸±۰/۰۱^{b}	^{b}۱۰۰/۰±۰/۰
۴معدنی	۴۱۹/۳۳±۴۰/۵۷^{b}	۱/۰۹±۰/۰۹^{b}	۱/۴۳±۰/۲۲^{b}	^{b}۱۰۰/۰±۰/۰
۲معدنی	۴۰۴±۳۳/۰۴^{b}	۱/۰۸±۰/۱۸^{b}	۱/۵۸±۰/۲۸^{b}	^{b}۱۰۰/۰±۰/۰

مقادیر شاخص های اضافه وزن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و درصد بازماندگی. میانگین ۳ تکرار با خطای معیار. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده ی تفاوت معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).

با توجه به داده های حاصل از تغذیه بچه ماهیان با تیمارهای مختلف غذایی روی فاکتورهای خونشناسی و نتایج حاصل از آزمون دانکن، به خوبی مشخص شد که شمار گلبول قرمز به ترتیب در تیمارهای ۴ میلی گرم سلنیوم آلی(۱/۱۱±۰/۱۴) و ۸ میلی گرم سلنیوم معدنی(۱/۱۱±۰/۰۹) و همچنین شمار گلبول سفید در تیمار ۲ میلی گرم سلنیوم آلی(۱۲۲۶۶/۶۷±۶۸۸۵/۷۳) کاهش معنی داری وجود داشت ($P < ۰/۰۵$). بیشترین شمار گلبول قرمز و شمار گلبول سفید بدست آمده در تیمار صفر میلی گرم سلنیوم به ترتیب (۱/۴۱±۰/۰۶) و (۲۷۲۵۰±۷۴۲۴/۶۲) می باشد. مشخص شد که فاکتورهای هماتوکریت و هموگلوبین با افزایش سطح سلنیوم آلی و معدنی اختلاف معنی داری نشان نداد ($P > ۰/۰۵$). شمار گلبول قرمز، شمار گلبول سفید، هموگلوبین و هماتوکریت در جدول (۳) گزارش شده است.

جدول۳- فاکتورهای شمار گلبول قرمز (RBC)، شمار گلبول سفید (WBC)، هموگلوبین(Hb) و هماتوکریت (HCt) بچه ماهیان قزل آلا رنگین کمان تغذیه شده با سطوح سلنیوم آلی و معدنی در دوره پرورش ۹۰ روز

سلنیوم (میلی گرم)	RBCs× ۱۰^{۶} (میکرو لیتر)	WBC (میکرو لیتر)	Hb (گرم بر دسی لیتر)	HCt (درصد)
۰	۱/۴۱±۰/۰۶^{b}	۲۷۲۵۰±۷۴۲۴/۶۲^{b}	۸/۵۵±۰/۶۳^{b}	۲۹±۱/۴۱^{b}
۸ آلی	۱/۱۵±۰/۱۷^{b}	۱۸۶۶۶/۶۷±۲۹۲۹/۷۳^{b}	۷/۲۶±۰/۸^{b}	۲۵/۳۳±۲/۵۱^{b}
۴ آلی	۱/۱۱±۰/۱۴^{a}	۱۵۵۰۰±۵۶۳۴/۷۱^{b}	۷/۱۶±۰/۴۹^{b}	۲۴/۶۶±۱/۵۲^{b}
۲ آلی	۱/۲۳±۰/۱۸^{b}	۱۲۲۶۶/۶۷±۶۸۸۵/۷۳^{a}	۸/۱±۱^{b}	۲۷/۶۶±۲/۵۱^{b}
۸معدنی	۱/۱۱±۰/۰۹^{a}	۲۲۰۰۰±۱۰۳۹۲/۳۰^{b}	۷/۰۳±۰/۷^{b}	۲۴/۶۶±۲/۵۱^{b}
۴معدنی	۱/۳۱±۰/۰۷^{b}	۱۷۹۰۰±۶۵۵/۷۴^{b}	۷/۶۶±۰/۴۶^{b}	۲۶/۶۶±۱/۱۵^{b}
۲معدنی	۱/۲۵±۰/۱۵^{b}	۲۳۰۰۰±۶۰۶۲/۱۷^{b}	۷/۷±۱/۰۱^{b}	۲۶/۶۶±۳/۰۵^{b}

مقادیر شمار گلبول قرمز (RBC)، شمار گلبول سفید (WBC)، هموگلوبین(Hb) و هماتوکریت (HCt). میانگین ۳ تکرار با خطای معیار. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده ی تفاوت معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).
در کل تیمارها تفاوت معنی داری در شمار افتراقی گلبول های سفید مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$). نتایج حاصل از شمار افتراقی گلبول های سفید در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول۴- شمار افتراقی گلبول های سفید بچه ماهیان قزل آلا رنگین کمان تغذیه شده با سطوح سلنیوم آلی و معدنی در دوره پرورش ۹۰ روز

سلنیوم (میلی گرم)	لنفوسیت (درصد)	نوتروفیل بالغ (درصد)	نوتروفیل نا بالغ (درصد)	مونوسیت (درصد)
۰	۹۲±۹/۱ ^{a}	۲/۳۳±۲/۳ ^{a}	۶±۴/۳۵ ^{a}	۱/۳۳±۰/۵۷ ^{a}
۸ آلی	۸۲±۳/۴ ^{a}	۴±۱ ^{a}	۵/۳۳±۰/۵۷ ^{a}	۰/۶۶±۰/۵۷ ^{a}
۴ آلی	۸۸±۱۳/۸ ^{a}	۴/۳۳±۴/۰۴ ^{a}	۴/۶۶±۱/۵۲ ^{a}	۰/۶۶±۰/۵۷ ^{a}
۲ آلی	۹۰±۶ ^{a}	۴/۶۶±۲/۰۸ ^{a}	۵±۳/۶ ^{a}	۰/۳۳±۰/۵۷ ^{a}
۸معدنی	۸۶/۳۳±۱۵/۴۰ ^{a}	۴±۰/۰ ^{a}	۱۳/۳۳±۱۵/۲۷ ^{a}	۰/۳۳±۰/۵۷ ^{a}
۴معدنی	۸۲±۳/۴۶ ^{a}	۴±۱/۷۳ ^{a}	۱۴±۱۱/۱۳ ^{a}	۰/۶۶±۰/۵۷ ^{a}
۲معدنی	۹۹/۶۶±۹/۰۷ ^{a}	۱/۶±۰/۵۷ ^{a}	۷/۶۶±۶/۰۲ ^{a}	۱/۳۳±۰/۵۷ ^{a}

مقادیر شمار افتراقی گلبول های سفید. میانگین ۳ تکرار با خطای معیار. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).

تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های مربوط به گلبول های قرمز خون در تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$). نتایج حاصل از شاخص های مربوط به گلبول های قرمز خون در جدول (۵) گزارش شده است.

جدول ۵- فاکتورهای MCH، MCV و MCHC بچه ماهیان قزل آلا رنگین کمان تغذیه شده با سطوح سلنیوم آلی و معدنی در دوره پرورش ۹۰ روز

سلنیوم (میلی گرم)	MCV (میکرو متر مربع)	MCH (پیکوگرم بر سلول)	MCHC (گرم بر دسی لیتر)
۰	۲۰۵/۳۷±۱۹/۲۳ ^{a}	۶۰/۵۸±۲/۷ ^{a}	۲۹/۴۶±۰/۷۵ ^{a}
۸ آلی	۲۲۱/۳۱±۱۰/۷ ^{a}	۶۳/۴۱±۲/۶۳ ^{a}	۲۸/۶۶±۰/۳۵ ^{a}
۴ آلی	۲۲۳/۶۹±۱۶/۶۵ ^{a}	۶۴/۹۵±۴/۴۹ ^{a}	۲۹/۰۴±۰/۴۸ ^{a}

۲ آلی	۲۲۵/۱۸±۱۷/۴۳[a]	۶۵/۷۱±۳/۶۷[a]	۲۹/۲۲±۰/۹۹[a]
۸معدنی	۲۲۱/۸۳±۲۷/۴[a]	۶۳/۲۴±۷/۵[a]	۲۸/۵۱±۰/۱۱[a]
۴معدنی	۲۰۳/۶۹±۳/۲۹[a]	۵۸/۵۲±۰/۲۳[a]	۲۸/۷۳±۰/۴۷[a]
۲معدنی	۲۱۲/۶۸±۱۱/۴۳[a]	۶۱/۳۲±۳/۱۴[a]	۲۸/۸۳±۰/۵۰[a]

مقادیر MCV، MCH و MCHC . میانگین ۳ تکرار با خطای معیار. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده ی تفاوت معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، سلنیوم بر ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی (SGR و FCR) بچه ماهیان (وزن اولیه با میانگین ۲± ۲۳/۱۵ گرم و متوسط وزن پایانی ۱± ۴۲۳ گرم) اثر معنی داری نداشت ($P > ۰/۰۵$). این نتیجه با نتایج بدست آمده روی ماهی کپور زرد توسط (Zhou *et al.*,۲۰۰۹) و ماهی قزل آلا رنگین کمان (متوسط وزن ابتدائی ۲/۸± ۲۶/۳ گرم و متوسط وزن پایانی ۶± ۱۱۷ گرم) توسط (Rider *et al.*,۲۰۰۹) مطابقت داشت در مقابل طبق نتایج بدست آمده میل به افزایش ضریب رشد ویژه (SGR) و کاهش ضریب تبدیل غذایی (FCR) در رژیم غذایی غنی شده با سلنیوم نسبت به رژیم شاهد مشاهده شد که به طور ویژه بیشترین ضریب رشد ویژه (۱/۲۶±۰/۰۲) در تیمار ۸ میلی گرم سلنیت و بیشترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۶۵±۰/۲۶) در تیمار صفر میلی گرم سلنیوم بدست آمده بود. کمترین ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی بدست آمده به ترتیب در تیمار صفر میلی گرم سلنیوم (۱/۰۷±۰/۱۷) و تیمار ۸ میلی گرم سلنیت(۱/۲۸±۰/۰۱) می باشد (جدول ۲). در زمان بیومتری نهایی درصد، بقاء با شمارش نمونه های هر مخزن سنجیده شد. طی این مطالعه مرگ ومیر در تیمارهای مختلف وجود نداشت، نتایج مشابهی روی گربه ماهی کانالی توسط (Wang & Lovello.,۱۹۹۶) و ماهی کپور زرد توسط (Zhua *et al.*, ۲۰۰۹) مشاهده شد. رژیم غذایی مورد نیاز قزل آلای رنگین کمان برای رشد وزنی در این مطالعه ۸ میلی گرم سلنومتیونین (۶۰/۲۰±۴۶۴)(جدول ۲) در هر کیلوگرم غذا تعیین شد که با نتایج بدست آمده دیگر قابل مقایسه می باشد تیلا پیا ۴/۶ میلی گرم سلنیوم (Ahmad *et al.*, ۲۰۰۶) گربه ماهی کانالی ۰/۲۵ میلی گرم سلنیوم (Gatlin & Wilson., ۱۹۸۴)، قزل آلای رنگین کمان ۰/۳۸ میلی گرم (Hilton *et al.*, ۱۹۸۰)، ماهی هامور ۰/۷۷ میلی گرم (Lin & Shiav, ۲۰۰۵) و کپور زرد ۰/۵ میلی گرم سلنیوم (Zhou *et al.*, ۲۰۰۹). بطور واضح نشان داده شد که مکمل سلنیوم در رژیم غذایی می تواند افزایش وزن را بهبود بخشد. کمبود سلنیوم به حد زیادی در کاهش رشد اثر داشت. در صنایع غذایی تجاری حیوانات میل به کاهش میزان مکمل سلنیوم به دلیل نگرانی های زیست محیطی و نیز از جنبه اقتصادی وجود دارد. در ماهی قزل آلای امکان دسترسی زیستی به سلنیوم آلی بیشتر از سلنیوم معدنی است. میزان مجاز سلنیوم جیره و همچنین میزان سلنیومی که قرار است وارد سیستم پرورشی شود، از طریق تعیین دقیق میزان نیاز ماهی قزل آلا و جا به جا کردن منبع سلنیوم می تواند کاهش یابد. در مطالعات انجام شده روی حیوانات، ثابت گردیده است که دسترسی زیستی فرم آلی سلنیوم نسبت به فرم معدنی آن بیشتر است (Levander., ۱۹۸۳; Smith & Picciano., ۱۹۸۷) همچنین در مطالعات انسانی هم مشاهده شد (Favier, ۱۹۹۳; Thamson & Robinson., ۱۹۹۳). بر اساس مطالعه Lorentzen و همکاران (۱۹۹۴) ماهی آزاد اقیانوس اطلس را با فرم های سلنیت و سلنو متیونین به میزان ۱ و ۲ میلی گرم در کیلوگرم غذا دهی کرد اما هیچ تفاوتی در اضافه وزن ماهی مشاهده نکرد. در این مطالعه ماهی قزل آلا غذا دهی شده باسلنیوم آلی رشد بهتری در مقایسه با سلنیوم معدنی نشان داد. یکی از دلایل دسترسی زیستی بیشتر به سلنیوم آلی در قزل آلا، تسهیل و کمک در جذب می باشد. یک مطالعه آزمایشگاهی توسط Paripatananont و lovel در سال ۱۹۹۷ روی گربه ماهی کانالی نشان داد که شبکه جذب سلنومتیونین در مقایسه با سلنیت در رژیم purified egg – white – based (۹۰/۸ در برابر ۶۲/۸ درصد) و در رژیم غذایی با دانه سویا (۸۸/۹ در برابر ۶۹/۷ درصد) مشاهده شد. این نتیجه به طور کامل چرا سلنیوم آلی دسترسی زیستی بیشتری دارد را توضیح نمی دهد، اما شبکه جذب سلنومتیونین ۱۴۰ درصد سلنیت می باشد، در حالی که دسترسی زیستی آن ۳۳۶ درصد سلنیت بود (Wang &

Lovello, ۱۹۹۶). اتم سلنیوم آلی می تواند جذب شده و انتقال پیدا کرده بطور سالم و دست نخورده به بافت هدف و بیشتر در دسترس فرآیند های متابولیک نسبت به سلنیوم معدنی باشد(Ashmead, ۱۹۹۲) ظاهراً فاکتور های دیگری در کنار شبکه جذب مسئول دسترسی زیستی بالا تر فرم آلی عناصر کمیاب در مقایسه با فرم معدنی می باشد. نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر نشان داد که در قزل آلای رنگین کمان امکان دسترسی بیشتری به سلنیوم آلی نسبت به شکل معدنی می باشد. میزان سلنیوم مصرفی ماهی قزل آلا با استفاده از منابع آلی سلنیوم به جای منابع معدنی آن، می تواند تا نصف کاهش یابد. این وضعیت برای محیط زیست مناسب تر خواهد بود چون میزان سلنیوم کمتری وارد سیستم های آبی پرورشی خواهد شد. آنالیز فاکتورهای خونی میتواند یک رشته اطلاعات حیاتی در مورد بیماری ها و مدیریت آلودگی‌های انفرادی و یا ارزیابی سلامت ماهی فراهم آورد (Pincus, ۱۹۹۶ ; Cnaani *et al.*, ۲۰۰۴ ;Rehvlka *et al.*, ۲۰۰۴). در این مطالعه کاهش مقادیر گلبول سفید در تیمار ۲ میلی گرم سلنیوم آلی اختلاف آماری معنی داری وجود داشت (P > ۰/۰۵). بر اساس مطالعه Lemly در سال ۲۰۰۲ نشان داد مقادیر گلبول سفید در خورشید ماهی در مواجهه با آب های آلوده به سلنیوم افزایش می یابد. کاهش مقادیر گلبول سفید در تیمارهای تغذیه شده با سلنیوم می تواند در نتیجه افزایش تراکم سلنیوم در بافت کلیه باشد (Rider *et al.*, ۲۰۰۸). همچنین در مطالعه ای که روی گونه های خشکی زی صورت گرفته، نشان داد که مقادیر بالای سلنیوم در جیره غذایی باعث کاهش مقادیر گلبول سفید شده است (Rampal *et al.*, ۲۰۰۸). Abdel-Tawwab و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که در گربه ماهی کانالی آفریقایی افزایش مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت، مقادیر گلبول قرمز ، گلوکز ، مجموع لیپید و مجموع پروتئین با افزایش سطوح سلنیوم آلی به مقدار ۰/۳ و ۰/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن غذا در رژیم غذایی ماهی می تواند بدون تفاوت معنی داری بین آنها باعث بالا بردن سطح سلامت ماهی شود. از طرفی بررسی پارامترهای بیوشیمیایی صورت گرفته برروی ماهی قزل الای رنگین کمان، هیچ تفاوت معنی داری برروی کلسیم پلاسما، گلوکز پلاسما ، پروتئین پلاسما ، هماتوکریت و هموگلوبین در تیمارهای غذادهی شده با سلنیوم مشاهده نشد (Hilton & Hodson, ۱۹۸۳). Sopjani و همکاران در سال ۲۰۰۸ گزارش کردند که سلنیت باعث افزایش اریپتوسیس (کاهش گلبول قرمز) می شود، که این اثر دراین مطالعه نیز به خوبی مشخص شد، شمار گلبول های قرمز در تیمارهای ۴ میلی گرم سلنیوم آلی و ۸ میلی گرم سلنیوم معدنی کاهش معنی داری داشت (P > ۰/۰۵). افزایش در مقادیر فاکتورهای فوق به علت افزایش سلنیوم می تواند به علت بالا بردن سلامت و ایمنی بدن باشد (Abdel-Tawwab *et al.*, ۲۰۰۷). سلنیوم اضافه شده به رژیم غذایی در این مطالعه اثر معنی داری روی درصد هماتوکریت نداشت اما تمایل به کاهش هماتوکریت با افزایش مقادیر سلنیوم بدست آمد(P < ۰/۰۵). در مطالعه‌ای Lemly در سال ۲۰۰۲ نشان داد که قرار گرفتن خورشید ماهی در آب های آلوده به سلنیوم باعث کاهش هماتوکریت ماهی شد و این کاهش را در ارتباط با اثر سمی زیر حد کشنده سلنیوم آلی و معدنی دانست. نتایج مشابه‌ای در ماهی قزل آلا رنگین کمان مشاهده شد (Rider *et al*, ۲۰۰۹). در این مطالعه هیچ اثر معنی‌داری روی میزان هموگلوبین و شمار افتراقی گلبول های سفید ماهی قزل آلای رنگین کمان مشاهده نشد (P < ۰/۰۵).

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می دانیم از تمامی مسئولین و کارمندان محترم مراکز مختلف (موسسه اکولوژی ماهیان دریای خزر و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی) که در مراحل اجرای کار نویسندگان را یاری نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

طبرستانی ، م. ۱۳۷۸. خون شناسی پزشکی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ایران.

Walker, H.K., Hall, W.D., Hurst, J.W.. ۱۹۹۰. The History, physical, and laboratory examinations. ۳rd edition., Clinical Methods. Boston, USA.

Abdel-Tawwab, M., Mousa, M.A.A., Ahmad, M.H. & Sakr, S.F. ۲۰۰۷. The use of calcium pre-exposure as a protective agent against environmental copper toxicity for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture, ۲۶۴ (۱-۴): ۲۳۶–۲۴۶.

Ahmad, M.H., El-Marakby, H.I., Seden, M.E.A., Abdel-Tawwab, M. & Abou-El-Atta, M.E., ۲۰۰۶. The use of organic selenium (Sel-PlexÒ) in practical diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): effect on growth performance, feed utilization, whole-body composition and entropathogenic *Aeromonas* Hydrophila-challenge. In: Contreras, W., Fitzsimmons, K. (Eds.), ۷th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, ۶–۸ September ۲۰۰۶. Bocadel Rio, Veracruz, Mexico.

Ashmead, H.D. ۱۹۹۲. The roles of amino acid chelates in animal nutrition. Noyes Publication. New Jersey.

Beckett, G.J. & Arthur, J.R. ۲۰۰۵. Selenium and endocrine systems. J. Endocrinol. ۱۸۴: ۴۵۵–۴۶۵.

Bell, J.G.& Cowey, C.B. ۱۹۸۹. Digestibility and bioavailability of dietary selenium from fishmeal, selenite, selenomethionine and selenocystine in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, ۸۱: ۶۱–۶۸.

Brown, K.M. & Arthur, J.R. ۲۰۰۱. Selenium, selenoproteins and human health: a review Public Health Nutr., ۴ (۲B): ۵۹۳–۵۹۹.

Burk, R.F. & Hill, K.E. ۱۹۹۳. Regulation of selenoproteins. Annual Review of Nutrition, ۱۳: ۶۵–۸۱.

Cnaani, A., Tinman, S., Avidar, Y., Ron, M. & Hulata, G. ۲۰۰۴. Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochromis aureus*,

Downs, K.M., Hess, J.B.& Bilgili, S.F. ۲۰۰۰. Selenium source effect on broiler carcass characteristics, meat quality and drip loss. Journal of Applied Animal Research, ۱۸: ۶۱–۷۲.

Favier, A.E. ۱۹۹۳. Nutritional and clinical factors affecting the bioavailability of trace elements in humans. In: Schulemmer, U. (Ed.), Bioavailability '۹۳. Ettlingen, Germany.

Foster, L.H. & Sumar, S. ۱۹۹۵. Selenium in the environment, food and health. Nutrition & Food Science, ۵: ۱۷–۲۳.

Forster, I., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Rowshandeli, M. & Parr, J. ۱۹۹۹. Potential for dietary phytase to improve the nutritive value of canola protein concentrate and decrease phosphorus output in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) held in ۱۱۰C fresh water. Aquaculture, ۱۷۹:۱۰۹-۱۲۵.

Gatellier, P., Mercier, Y. & Renerre, M. ۲۰۰۴. Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. Meat Science, ۶۷: ۳۸۵–۳۹۴.

Gatlin, D.M.& Wilson, R.P. ۱۹۸۴. Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish. Journal of Nutrition, ۱۱۴: ۶۲۷–۶۳۳.

Gibson, R.S. ۱۹۹۰. Principles of nutritional assessment. Oxford University Press. New York.

Hilton, J.W., Hodson, P.V.& Slinger, S.J. ۱۹۸۰. The requirement and toxicity of selenium in Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of Nutrition, ۱۱۰: ۲۵۲۷–۲۵۳۵.

Hilton, J.W., Hodson, P.V.& Slinger, S.J. ۱۹۸۲. Absorption, distribution, half-life and possible routes of elimination of dietary selenium in juvenile Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Comparative Biochemistry and Physiology — part C, ۷۱: ۴۹–۵۵.

Hodson, P.V. & Hilton, J.W. ۱۹۸۳. The nutritional requirements and toxicity to fish of dietary and waterborne selenium. Ecol. Bull., ۳۵: ۳۳۵–۳۴۰.

Lemly, D.A. ۲۰۰۲. Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: the Belews Lake case example. Aquat. Toxicol., ۵۷: ۳۹–۴۹.

Levander, O.A. ۱۹۸۳. Considerations in the design of selenium bioavailability studies. Federation Proceedings, ۱: ۱۷۲۱–۱۷۲۵.

Lin, Y.H. & Shiau, S.Y. ۲۰۰۵. Dietary selenium requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture, ۲۵۰: ۳۵۶–۳۶۳.

Lin, Y.H. & Shiau, S.Y. ۲۰۰۶. The effects of dietary selenium on the oxidative stress of grouper, *Epinephelus malabaricus*, fed high copper. Aquaculture, ۲۶۷ (۲۰۰۷): ۳۸–۴۳.

Lorentzen, M., Maage, A.& Julshamn, K. ۱۹۹۴. Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, ۲۱: ۳۵۹–۳۶۷.

Mahan, D.C., Clone, T.R. & Richert, B. ۱۹۹۹. Effects of dietary levels of Se-enriched yeast and sodium selenite as Se source fed to growing-finishing pigs on performance, tissue glutathione peroxidase activity, carcass characteristics and loin quality. Journal of Animal Science, ۷۷: ۲۱۷۲–۲۱۷۹.

Paripatananont, T. & Lovell, R.T. ۱۹۹۷. Comparative net absorption of chelated and inorganic trace minerals in channel catfish *(Ictalurus punctatus)* diets. J. World Aquac. Sot., (in press).

Pincus, M.R. ۱۹۹۶. Interpreting laboratory results: reference values and decision making, In: Henry, J.B. (Ed.), Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods, Nineteenth edition. W.B. Saunders. Philadelphia, USA.

Poston, H.A., Combs, G.F.& Leibovitz, L. ۱۹۷۶. Vitamin E and selenium interrelations in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*): gross, histological and biochemical signs. Journal of Nutrition, ۱۰۶: ۸۹۲–۹۰۴.

Rampal, S., Kumar, R., Randhawa, C.S.& Sood, N. ۲۰۰۸. Maturation arrest of neutrophils — a possible reason for the leucopenia in sodium selenite induced sub-chronic selenosis in cow calves. Environ. Toxicol. Phar., ۲۵: ۳۹–۴۲.

Rayman, M.P. ۲۰۰۰. The importance of selenium to human health. Lancet, ۳۵۶: ۲۳۳–۲۴۱. Řehulka, J., Minařík, B. & Řehulková, E. ۲۰۰۴. Red blood cell indices of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) in aquaculture. Aquaculture Research, ۳۵: ۵۲۹–۵۴۶.

Rider S. A., Simon, J. D. , Awadhesh, J. N., Andrew, A. F. , Knight, J. & Sweetman, J. W. ۲۰۰۹. Supra-nutritional dietary intake of selenite and selenium yeast in normal and stressed Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Implications on selenium status and health responses. Aquaculture, ۲۹۵: ۲۸۲-۲۹۱.

Rotruck, J.T., Pope, A.L. & Ganther, H.E. ۱۹۷۳. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. Science, ۱۷۹:۵۸۵–۵۹۰.

Smith, A.M. & Picciano, M.F. ۱۹۸۷. Relative bioavailability of selenocompounds in the lactating rat. Journal of Nutrition, ۱۱۷: ۷۲۵–۷۳۱.

Sopjani, M., Foller, M., Gulbins, E. & Lang, F. ۲۰۰۸. Suicidal death of erythrocytes due to selenium compounds. Cell Physiol. Biochem., ۲۲: ۳۸۷–۳۹۴.

Thomson, C.D. & Robinson, M.F. ۱۹۹۳. Long-term supplementation with selenate and selenomethionine: selenium and glutathione peroxidase (EC ۱.۱۱.۱.۹) in blood components of New Zealand women. British Journal of Nutrition, ۶۹:۵۷۷–۵۸۸.

Wang, C. & Lovell, R.T. ۱۹۹۷. Organic selenium sources, selenomethionine and selenoyeast, have higher bioavailability than an inorganic selenium source, sodium

selenite, in diets for Channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture, ۱۵۲: ۲۲۳–۲۳۴.

Wang, H.L., Zhang, J.S. & Yu, H.Q. ۲۰۰۷. Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: comparison with selenomethionine in mice. Free Radical Biology & Medicine, ۴۲: ۱۵۲۴–۱۵۳۳.

Watanabe, T., Kiron, V. & Satoh, S. ۱۹۹۷. Trace minerals in fish nutrition. Aquaculture, ۱۵۱: ۱۸۵–۲۰۷.

Zhang, J.S., Wang, H.L., Yan, X.X. & Zhang, L.D. ۲۰۰۵. Comparison of short-term toxicity between Nano-Se and selenite in mice. Life Sciences, ۷۶: ۱۰۹۹–۱۱۰۹.

Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q.& Li, W. ۲۰۰۹. 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, in press