مقایسه میزان سلنیوم و ارزیابی خطر (HQ) تغذیه از عضله هشت گونه از ماهیان دریایی صیدشده از بنادر صیادی استان خوزستان

سیده زهرا معصومی زاده[1]*
ابوالفضل عسکری ساری[2]

۱ و ۲. گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

***مسئول مکاتبات:**
zmasoomi@yahoo.com

کد مقاله: ۱۴۰۰۰۱۰۸۸۱
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۵
این مقاله پژوهشی و برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

سلنیوم ازجمله عناصر کمیاب موردنیاز بدن است که نقش آن در عملکردهای متفاوت بدن ازجمله فعالیت‌های آنزیمی، هورمونی و عضلانی به اثبات رسیده است. از طرفی ورود بیش‌ازحد این عنصر به بدن مانند سایر عناصر سنگین مشکلات متعددی به وجود می‌آورد. امروزه بررسی میزان ورودی عناصر به بدن صرف‌نظر از اینکه منشأ عنصر و مواردی مانند محل صید ماهی یا سن ماهی چه بوده است موردتوجه قرارگرفته که تحت عنوان ارزیابی خطر ورود عناصر موردبررسی قرار می‌گیرد. این تحقیق در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به‌منظور بررسی غلظت سلنیوم و ارزیابی خطر (HQ) تغذیه از عضله هشت گونه از ماهیان دریایی در استان خوزستان شامل ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*)، ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*)، ماهی زمین کن دم نواری (*Platycephalus indicus*)، ماهی کفشک زبان گاوی (*Cynoglossus arel*)، ماهی حلوا سفید (*Pampus argenteus*)، ماهی صبور (*Tenualosa ilisha*)، ماهی بیاه (*Liza macrolepis*) و ماهی مید (*Liza klunzingeri*) انجام شد. ۱۵ عدد ماهی از هرگونه از صیدگاه‌های مختلف در استان خوزستان تهیه‌شده و پس از بیومتری بافت عضله، میزان آرسنیک به روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد. بالاترین غلظت سلنیوم در عضله ماهی زمین کن و به میزان ۰/۱۱ ± ۰/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ارزیابی خطر ۱/۴ اندازه‌گیری شد (P<۰/۰۵). کمترین غلظت عنصر سلنیوم و شاخص خطر در عضله ماهی حلوا سفید و به میزان ۰/۰۳ ± ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۵ اندازه‌گیری شد (P>۰/۰۵). غلظت سلنیوم تحت تأثیر وزن اختلاف معنی‌داری در گونه‌های مختلف ایجاد نکرد (P <۰/۰۵). شاخص خطر (HQ) در گونه‌های موردتحقیق به جزء هامور، صبور و زمین کن کمتر از یک بود (P>۰/۰۵). در مقایسه غلظت عناصر سلنیوم با استانداردهای جهانی میزان این عناصر از استانداردهای WHO، FDA، UK (MAFF)، NHMRC پایین‌تر بود. با توجه به غلظت سلنیوم و میزان شاخص خطر (HQ) تغذیه از ماهیان موردتحقیق ازنظر غلظت سلنیوم هیچ خطری برای سلامت انسان ندارند (WHOحداکثر مجاز را ۳۵۰ میکروگرم در روز برای یک فرد بالغ در نظر گرفته است).

واژگان کلیدی: سلنیوم، ارزیابی خطر، ماهیان دریایی، خوزستان.

مقدمه

فلزات سنگین عناصری هستند که به‌طور طبیعی به میزان بسیار کم در اکوسیستم‌های زنده یافت می‌شوند. این عناصر جزو آلاینده‌های بسیار پایدار هستند و معمولاً تجزیه آن‌ها مدت زیادی به طول می‌انجامد (Forstner and Prosi, 1978؛ Dökmeci *et al*., 2019؛ Milher and side, 1984). عناصر کمیاب در مقایسه با مواد معدنی اصلی به میزان کمتری موردنیاز بدن هستند و از طریق مصرف غذاهای مختلف جذب بدن می‌شوند. فعالیت متابولیک بدن انسان بستگی به وجود عناصر کمیاب دارد. درواقع این عناصر باعث فعالیت آنزیم‌ها می‌شوند. اگر مواد معدنی کمیاب به میزان کافی در دسترس نباشند، باعث عدم تشکیل آنزیم‌ها و درنتیجه عدم ایجاد واکنش‌های شیمیایی خواهند شد. سلنیوم فواید

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

بسیاری برای بدن می‌باشد. یک ماده معدنی مؤثر در متابولیسم چربی‌ها بوده و سبب بهبود سیستم ایمنی می‌شود. از طرفی با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی مانع آسیب دیدن سلول‌ها توسط رادیکال‌های آزاد می‌شود (Diets *et al*., 2003) مطالعات نشان داده کمبود سلنیوم در جیره غذایی میزان سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی، بیماری‌های عفونی، مشکلات سیستم ایمنی و التهابی را افزایش می‌دهد (Netteleton, 1987). دو سیستم آنتی‌اکسیدانی در بدن وجود دارد، سیستم آنتی‌اکسیدانی پیشگیری‌کننده که شامل پروتئین‌هایی مثل آلبومین، سرولوپلاسمین و ... است که متصل به فلزات هستند و از تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) جلوگیری می‌کند و به‌این‌ترتیب از شروع واکنش زنجیره‌ای ممانعت می‌شود. درحالی‌که سیستم آنتی‌اکسیدانی جاروب کننده مثل ویتامین E و ویتامین C و آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز، ROS به وجود آمده را حذف می‌کند تا از پر اکسیداسیون لیپیدهای غشای پلاسمی ممانعت کند (Agarwal *et al*., 2005). ازجمله آنتی‌اکسیدان‌ها سلنیوم است که به مقدار زیادی در فرآورده‌های دریایی، جگر و غلات یافت می‌شود (Schwatrz, 1976). این عنصر برای سیستم آنتی‌اکسیدانی داخل سلولی به‌عنوان کو فاکتور آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز است به‌طوری‌که آنزیم گلوتاتیون پر اکسیداز اثرات ویتامین E را تکمیل می‌کند (Burk *et al*., 2003). تحقیقات در سه دهه اخیر نشان داده‌اند که سلنیوم در مقابل آسیب سلولی ناشی از رادیکال‌های آزاد محافظت ایجاد می‌کند. مکانیزم‌های اصلی مطرح‌شده برای این موضوع بر عملکرد آنزیم‌ها و سایر پروتئین‌های وابسته به سلنیوم تأکیددارند (Chen and Berry, 2003؛ Schweizer *et al*., 2004). پس از سال ۱۹۷۳ که Rotuck و همکارانش نقش سلنیوم در یک آنزیم سم زاد یعنی گلوتاتیون پر اکسیداز را نشان دادند این سم خطرناک یک نقش مثبت بیولوژیک در ابعاد مختلف زیست‌شناختی انسان پیدا کرد (Rotuck *et al*., 1973؛ Rayman, 2000). گلوتاتیون فراوان‌ترین دفاع غیر آنزیمی داخل سلولی را در مقابل مواد اکسیدان در موجودات زنده و خصوصاً در بافت مغزی به عهده دارد (Liang and Patel, 2006) و گلوتاتیون پر اکسیداز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌ها در مسیر متابولیسم گلوتاتیون است. نیاز غذایی افراد بشر به سلنیوم در حدود ۰/۱ تا ۰/۲ قسمت در میلیون می‌باشد (۱۷). غذاهایی که ازنظر پروتئین غنی می‌باشند مانند گوشت، غذاهای دریایی، ازنظر سلنیوم نیز غنی می‌باشند. غلات ممکن است حاوی مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای سلنیوم باشند ولی منابع قابل‌اعتمادی نیستند؛ زیرا محتوی سلنیوم آن‌ها بستگی به مقدار سلنیوم خاکی دارد که در آن کشت داده‌اند (Morris *et al*., 1970). میزان سلنیوم در افرادی که در رژیم غذایی خود مقدار کافی از این ماده را دریافت نمی‌کنند، مانند گیاهخواران، افراد مسن و خانم‌های باردار و شیرده و افرادی که در مناطق با خاک فقیر از سلنیوم زندگی می‌کنند کاهش می‌یابد. هم‌چنین استعمال دخانیات مانند سیگار، نوشیدن الکل و ابتلا به بیماری‌های مزمن سبب کاهش سلنیوم در بدن می‌شوند، کمبود سلنیوم در بدن با علائمی چون ضعف یا درد عضلانی، اختلال در عملکرد عصبی، سفید شدن بستر ناخن و از دست رفتن رنگ‌دانه‌های مو مشخص می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد کمبود سلنیوم در جیره غذایی میزان سرطان، بیماری‌های قلب عروقی، بیماری‌های عفونی، مشکلات سیستم ایمنی و التهابی را افزایش می‌دهد (Netteleton, 1987).

ماهی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین برای انسان است. آلودگی آب به فلزات سنگین حیات آبزیان را به مخاطره می‌اندازد چگونگی تأثیر فلزات سنگین بر آبزیان متفاوت می‌باشد و مطالعاتی که روی اندام‌های مختلف آن‌ها انجام‌گرفته نشان داده است که مقدار تجمع و چگونگی فلزات در اندام‌های مختلف آبزیان متفاوت می‌باشد (Forstner and Prosi, 1978). عموماً مطالعه بر روی فلزات سنگین از دو جنبه دارای اهمیت است اول ازنقطه‌نظر سلامتی و بهداشت و تعیین محدودهٔ مجاز غلظتی این عناصر برای انسان است و دیگر ازنقطه‌نظر محیط‌زیست آبی و زوال آبزیان درنتیجه افزایش این عناصر در اکوسیستم می‌باشد (صادقی راد، ۱۳۷۳). سازمان بهداشت جهانی میزان مجاز روزانه جذب سلنیوم را ۱ تا ۲ میکروگرم پیشنهاد نموده است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). اگرچه غذا یکی از روش‌های بسیار مهم در جذب آلودگی در انسان می‌باشد. ولی در اغلب کشورهای جهان تفاوت‌هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده‌ها در مواد غذایی وجود دارد که معمولاً ناشی از عادات غذایی و همچنین ویژگی‌های خاص مرتبط با اقلیم، صنعت و کشاورزی است. در رابطه با فرآورده‌های دریایی و آبزیان این تفاوت چشمگیرتر است زیرا مصرف ماهی در مناطق مختلف بسیار متفاوت است بنابراین معیار استاندارد با توجه به پارامترهایی نظیر مصرف سرانه، سمیت مواد، ویژگی‌های مصرف‌کنندگان (زن، مرد، کودک)

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

و پتانسیل جذب باید تعیین گردد (FAO, 2009). فاکتورهای مختلفی در ارتباط با حد مجاز فلزات سنگین و مصرف انسانی آن موردتوجه می‌باشد. به‌طور مثال سازمان بهداشت جهانی غلظت فلزات سنگین در بافت عضله را به‌عنوان مبنا قرار می‌دهد و سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد و آژانس محیط‌زیست آمریکا میزان عناصر سنگین در ماده مورد مصرف انسان را موردتوجه قرار می‌دهد. درنهایت با توجه به سرانه متفاوت در کشورهای مختلف و حتی در مناطق مختلف یک کشور، ارزیابی خطر که در حقیقت سمی یا غیر سمی بودن یک عنصر با توجه به سرانه مصرف از آن ماهی و وزن میانگین انسانی می‌باشد، به‌عنوان شاخص معتبر موردتوجه قرارگرفته است (Andreji *et al.*, 2006). شاخص خطر یک آلاینده عبارت است از نسبت دوز جذب روزانه آلاینده به دوز مرجع آن می‌باشد که اگر از ۱ کم‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که، مصرف ماهی اثر مضری بر سلامتی ندارد. ازآنجایی‌که بافت عضله ماهی بیشترین قسمتی است که توسط انسان به‌عنوان غذا مصرف می‌شود، بنابراین برای ارزیابی و مشخص کردن غلظت‌های آلوده‌کننده از همین بافت استفاده می‌شود (De Rosemond *et al.*, 2005).

ازآنجایی‌که آلودگی محیط‌زیست ناشی از فلزات سنگین در اثر توسعه شهرنشینی و صنایع و راه‌یابی آن‌ها به محیط به‌طور فزاینده‌ای در حال رشد است (Kot, 2020)، هم‌اکنون پیدایش مسمومیت‌های شدید در جوامع انسانی مصرف‌کننده آبزیان و محصولات کشاورزی، به‌صورت یکی از مباحث مهم دنیا درآمده است و استان خوزستان دارای صنایع بسیاری می‌باشد که آلاینده‌های زیادی از این طریق به منابع آبی این استان وارد می‌شود ازجمله صنایعی که ورود سلنیوم به محیط‌زیست را به همراه دارد صنایع لاستیک‌سازی، رنگ‌سازی و پساب صنایع کشاورزی و ... می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی میزان سلنیوم و ارزیابی خطر در بافت خوراکی در هشت گونه تجاری آبزی دریایی استان خوزستان شامل هامور معمولی، شانک زرد باله، زمین کن دم نواری، ماهی زمین کن دم نواری، کفشک زبان گاوی، ماهی حلوا سفید، ماهی صبور و ماهی بیاه و همچنین مقایسه آن با استانداردهای بین‌المللی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های ماهی هامور معمولی، شانک زرد باله، زمین کن دم نواری، کفشک زبان گاوی، صبور، مید، بیاه، حلوا سفید از صیدگاه‌های مختلف استان خوزستان و به‌صورت تصادفی بدون در نظر گرفتن وزن و جنسیت از مهرماه ۱۳۹۸ تا تیرماه ۱۳۹۹ تهیه شدند. از هرگونه ماهی ۱۵ عدد نمونه‌برداری انجام شد. پس از نمونه‌برداری، ماهیان در جعبه‌های یونولیت یخ پوشی شده به آزمایشگاه جهت عملیات آزمایشگاهی و آنالیز ارسنیک انتقال یافتند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]



شکل ۱: بنادر محل تهیه نمونه‌های ماهیان دریایی در آب‌های خوزستان (۱۳۹۹-۱۳۹۸).

ابتدا زیست‌سنجی ماهیان شامل طول کل، طول استاندارد و وزن انجام و ثبت گردید. توزین نمونه‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و خصوصیات طولی ماهیان به‌وسیله خط کش ساده انجام شد. پس‌ازاین مرحله جداسازی بافته‌ای عضله توسط تیغه‌ای از جنس استیل صورت گرفت. کالبدشکافی نمونه‌ها از قسمت بالای بدن گونه‌ها صورت گرفت. برای برداشت بافت عضله از قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) استفاده شد. بافته‌ای به‌دست‌آمده پس از توزین در پتری دیش (شیشه ساعت) قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک‌کردن در آون قرار گیرند.

نمونه‌های به‌دست‌آمده را به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا به وزن ثابت رسیدند و سپس از داخل آون خارج شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش خشک استفاده شد (AOAC, 1995).

در این روش ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شده و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه می‌شود و چند عدد سنگ جوش برای اینکه جوش به‌طور منظم و یکنواخت صورت گیرد قرار داده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به‌آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس مخلوط حرارت داده‌شده تا بخارات سفیدرنگ اسید به‌طور کامل محو شود، مخلوط سرد شده و درحالی‌که بالن چرخانده می‌شد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به‌آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول کاملاً شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و به حجم رسانده شد (Eboh *et al*., 2006؛ Okoye, 1991؛ Kalay and Bevis, 2003). سنجش آرسنیک به روش جذب اتمی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 و سیستم کوره انجام شد (Olowu *et al*., 2010).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

جهت اندازه‌گیری سلنیوم موردنظر ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد اضافه‌شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شد تا عناصر به‌صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شود و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده می‌شوند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عنصر موردنظر به فاز آلی منتقل شد. پس از تنظیم کوره و سیستم منبع تولید اشعه کاتدی دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab32 رسم گردیده و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری شد.

شاخص خطر (HQ یا Hazard quotient) (محاسبه خطر از طریق خوردن) به‌صورت زیر محاسبه شد.

جذب روزانه‌ی سلنیوم از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه شد (Zhanga *et al.*, 2012):

رابطه ۱: $DI= (C_m \times IR) / BW$

DI (Daily intake): میزان جذب سلنیوم در بدن در روز از طریق مصرف آبزی موردنظر (میکروگرم به کیلوگرم وزن بدن در روز)

C_m (Measured consumption): میانگین غلظت سلنیوم اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی آبزی (میکروگرم به گرم)

IR (Ingestion rate): نرخ مصرف روزانه‌ی غذای دریایی در منطقه‌ی موردمطالعه (ماهی ۳۰ و سخت‌پوستان ۳/۷۵ گرم در روز) (سالنامه‌ی آماری شیلات ایران، ۱۳۹۷؛ FAO, 2005)

BW (Body weight): وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

و اما شاخص خطر عبارت است از نسبت بین مواجهه‌ی آلاینده (سلنیوم) و دوز مرجع آن (Phuc Cam Tu et al., 2008) و از طریق رابطه‌ی ۲ محاسبه شد (Zhanga et al., 2012):

رابطه ۲: $HQ = DI / RfD$

HQ: نسبت خطر (بدون واحد)

RfD (Reference dose): دوز مرجع یا مجموع جذب مجاز روزانه‌ی آلاینده (میلی‌گرم به کیلوگرم در روز)

دوز مرجع خوراکی (میکروگرم به کیلوگرم وزن بدن در روز برای سلنیوم ۱/۸۵ میلی‌گرم در روز می‌باشد (EPA, 1997).

با به دست آوردن شاخص خطر می‌توان میزان خطر بالقوه‌ی ناشی از مصرف هر یک از گونه‌های تحت مطالعه را برای انسان بررسی کرد. قابل ذکر است که اگر نتیجه حاصل از این فرمول کمتر از ۱ باشد (به‌بیان‌دیگر میزان جذب روزانه کمتر از دوز مرجع باشد) نشان‌دهنده آن است که مصرف آبزی اثر حاد مضری بر روی سلامتی ندارد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Kojadinovic *et al.*, 2006).

در این تحقیق آزمایش‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS18 و آزمون آماری T، آنالیز واریانس یک‌طرفه و رگرسیون مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. ضریب اطمینان مطالعه ۹۵ درصد (P=۰/۰۵) در نظر گرفته شد. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

نتایج

نتایج حاصل از بیومتری نمونه‌های عرضه‌شده در بازار در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱: بیومتری گونه‌های مختلف ماهی (۱۳۹۹-۱۳۹۸).

گونه ماهی	تعداد نمونه	طول کل (cm)	وزن (g)
حلوا سفید	۱۵	۲۶/۳۳ ۳±/۰۵	۶۵۳/۳۳ ۷۰±/۹۵
شانک	۱۵	۲۲/۰۰ ۴±/۵۸	۷۵۰/۳۱ ۱۷±/۵۷
هامور	۱۵	۳۲/۰۳ ۵±/۵۶	۲۵۶۶/۶۷ ۴۱۶±/۳۵
بیاه	۱۵	۲۶/۶۶ ۴±/۰۴	۳۰۶/۶۰ ۷۲±/۴۱
مید	۱۵	۱۱/۶۷ ۱±/۱۵	۱۷۲/۷۳ ۴۸±/۸۶
صبور	۱۵	۳۰/۰۰ ۱±/۰۰	۳۱۹/۶۲ ۵۴±/۰۵
کفشک زبان گاوی	۱۵	۲۲/۳۳ ۵±/۱۳	۶۱۶/۱۱ ۱۱±/۶۷
زمین کن	۱۵	۲۹/۰۳ ۷±/۱۵	۱۱۰۳/۳۳ ۱۲۶±/۶۲

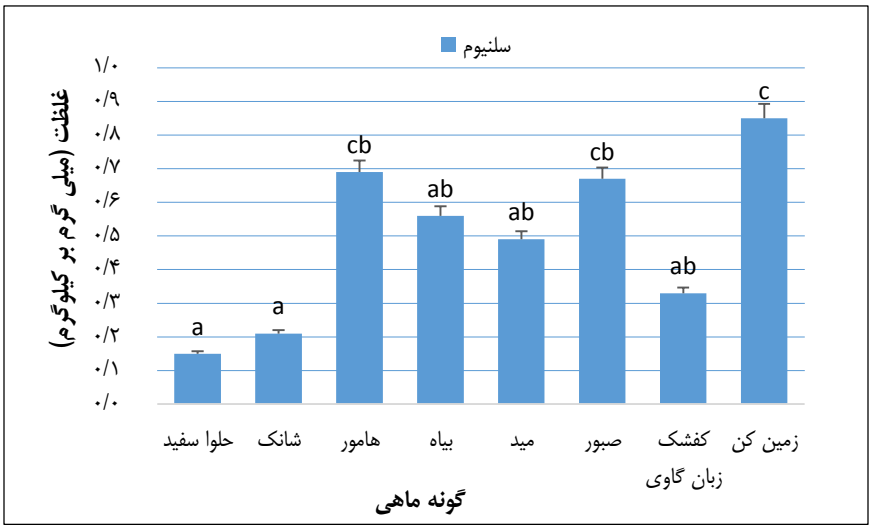
نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت سلنیوم نشان داد بالاترین غلظت سلنیوم در عضله ماهی زمین کن ۰/۱۱± ۰/۸۵ اندازه‌گیری شد. کمترین غلظت سلنیوم در عضله ماهی حلوا سفید ۰/۰۳± ۱۵ /۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد ($P < ۰/۰۵$). نتایج حاصل از ارزیابی ریسک (HQ) نشان داد بالاترین شاخص خطر مربوط به گونه زمین کن (۱/۴) و پایین‌ترین میزان مربوط به گونه حلوا سفید می‌باشد ($P < ۰/۰۵$). نتایج حاصل از غلظت سلنیوم شاخص خطر در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: میانگین غلظت سلنیوم در گونه‌های مختلف ماهی (۱۳۹۹-۱۳۹۸).

گونه ماهی	شاخص خطر (HQ)	سلنیوم (ppm)
حلوا سفید	۰/۲۵^{a}	۰/۱۵ ۰±/۰۳^{a}
شانک	۰/۳۵^{a}	۰/۲۱ ۰±/۰۴^{a}
هامور	۱/۱۵^{c}	۰/۶۹ ۰±/۱۵^{c}
بیاه	۰/۹^{b}	۰/۵۶ ۰±/۱۰ ^{b}
مید	۰/۸^{b}	۰/۴۹ ۰±/۰۲^{b}
صبور	۱/۱ ^{bc}	۰/۶۷ ۰±/۰۷^{bc}
کفشک زبان گاوی	۰/۵ ^{ab}	۰/۳۳ ۰±/۰۵^{ab}
زمین کن	۱/۴^{c}	۰/۸۵ ۰±/۱۱^{c}

نتایج حاصل از میزان سلنیوم در بین گونه‌های مختلف نشان داد بالاترین غلظت آرسنیک در ماهی زمین کن (۰/۱۱± ۰/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سپس به ترتیب در ماهیان هامور، صبور، بیاه، مید، کفشک زبان گاوی، شانک و کمترین میزان در ماهی حلوا سفید (۰/۰۳± ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. نتایج حاصل از مقایسه سلنیوم بین گونه‌های مختلف و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) در نمودار ۱ آمده است.

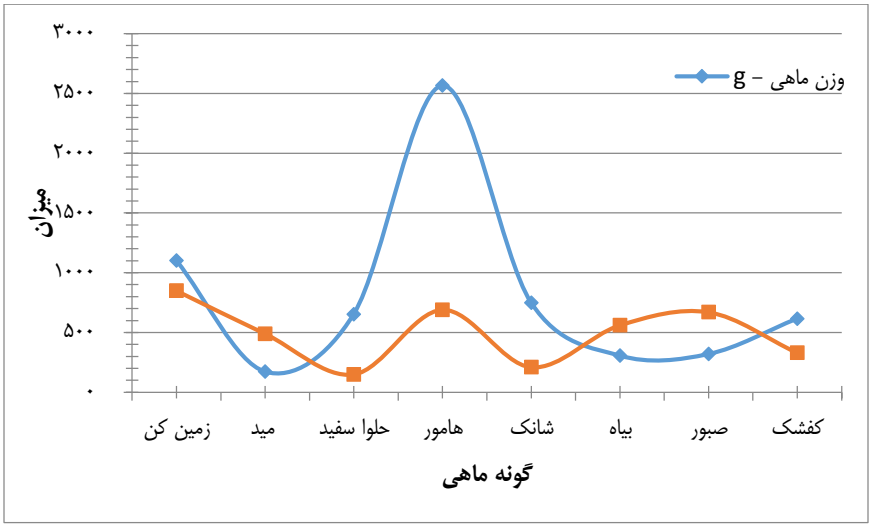
[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]



شکل ۱: مقایسه میزان سلنیوم در گونه‌های مختلف ماهی (۱۳۹۹-۱۳۹۸).

(a, b, c, d) غیر همنام معنی‌دار، همنام غیر معنی‌دار

غلظت سلنیوم در عضلات گونه‌های مختلف با افزایش وزن ارتباط معنی‌داری نداشت (P> ۰/۰۵) در نمودار ۲ تأثیر وزن ماهی بر غلظت سلنیوم در گونه‌های مختلف آمده است.



شکل ۲: تغییرات وزن ماهی (گونه‌های مختلف) با غلظت سلنیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) (۱۳۹۹-۱۳۹۸).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

بحث و نتیجه‌گیری

فلزات سنگین جزء آلاینده‌های پایدار محسوب می‌شوند. این فلزات در بدن موجودات زنده تمایل به تجمع زیستی و یا تغلیظ زیستی دارند (WHO, 2004؛ US EPA, 2000). پساب صنایعی نظیر متالوژی، ذوب فلزات غیر آهنی، معادن فلزی، آلیاژسازی، شیشه‌سازی، چینی و سرامیک، تولید حشره‌کش‌های شیمیایی، تولید علف‌کش‌ها، تولید کودهای شیمیایی و تولید شوینده‌ها، پالایشگاه‌های نفت، رنگ‌سازی، تولید محافظت‌کننده چوب و صنایع تولید محافظت‌کننده پوست حاوی سلنیوم هستند (WHO, 2001؛ US EPA, 2000).

نتایج حاصل از میزان سلنیوم در بین گونه‌های مختلف نشان داد بالاترین غلظت سلنیوم در ماهی زمین کن و سپس به ترتیب در ماهیان هامور، صبور، بیاه، مید، کفشک زبان گاوی، شانک و کمترین میزان در ماهی حلوا سفید مشاهده شد. سلنیوم از راه‌های مختلف وارد آب‌ها می‌شوند و به علت خاصیت تجمع پذیری در بافته‌ای مختلف آبزیان تجمع می‌یابند و با تغذیه انسان از این آبزیان، بخشی از این عناصر به بدن انسان منتقل می‌گردند. فلزات سنگین با توجه به نقشی که در پروسه‌های بیولوژیک دارند، به‌عنوان میکرونوترینت‌ها (آهن، روی، مس، سلنیوم، کبالت و مولیبدن) و یا یک عامل سمی (جیوه، سرب، روی، کروم، نیکل، نقره، کادمیوم) موردتوجه می‌باشند. سلنیوم در مقادیر کم برای بدن ضروری هستند اما زمانی که غلظت آن‌ها افزایش می‌یابد بسیار خطرناک می‌شود؛ که می‌توان به آهن و روی اشاره کرد، اما برخی از فلزات سنگین حتی در مقادیر کم هم سمی هستند و در ردیف زیان‌آورترین عناصر آلوده‌کننده قرار دارند که ازجمله می‌توان به سرب، جیوه و کادمیوم اشاره کرد (Burger and Gochfeld, 2005).

سلنیوم ازجمله عناصری است که می‌تواند نقش مؤثری در فرآیند حذف رادیکال‌های آزاد ایفا کند. سلنیوم را جزو آنتی‌اکسیدان‌های غیرمستقیم نامیده‌اند. چراکه نقش یک کوفاکتور را برای آنتی‌اکسیدان گلوتاتیون پر اکسیداز (GPX) ایفا می‌کند. به عبارتی این عنصر به‌عنوان یک میکرو نوترینت در تجزیه نسوزید هیدروژن با آنزیم GPX همکاری می‌کند. بدین‌صورت که محتویات آنزیم GPX را افزایش داده و سلول‌ها را از آسیب‌های جدی ناشی از عدم تجزیه هیدروژن پراکسایدها محافظت می‌کند (Agah *et al*., 2009)؛ که با افزایش ایمنی و مقاومت بدن، سبب تغییر مسیر انرژی به سمت رشد و افزایش وزن می‌شود. این موارد تائید کننده دلیل بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه در ماهیان تحت تأثیر تغذیه با سلنیوم می‌باشد (Tuzen, 2009).

میزان تجمع سلنیوم مانند سایر عناصر سنگین به اکولوژی ماهی، نوع تغذیه، سن ماهی، ترکیب شیمیایی بافت، جنس ماهی و ... دارد (Diets *et al*., 2003; Alrobaian and Arida, 2019). بالاترین غلظت سلنیوم در ماهی زمین کن دیده شد. محل زیست ماهی زمین کن دائماً با بستر در ارتباط است و در درون بستر فرو می‌رود (Jolliffe,1996؛ Barzegary Firozabady *et al*., 2009). با توجه به اینکه غلظت سلنیوم در رسوبات بیشتر از ستون آبی می‌باشد احتمالاً بالا بودن غلظت سلنیوم در بدن ماهی زمین کن نسبت به سایر گونه‌ها به دلیل اکولوژی این ماهی می‌باشد که دائماً با کف در ارتباط می‌باشد و امکان انتقال سلنیوم از رسوبات کف با توجه به نوع تغذیه این ماهی بیشتر می‌باشد از طرفی کمترین غلظت سلنیوم در ماهی حلوا سفید دیده شد. تغذیه ماهی حلوا سفید از زئوپلانکتون‌ها می‌باشد و چون تغذیه از حلقه‌های پایین‌تر زنجیره غذایی امکان انتقال کمتر عناصر سنگین را به همراه دارد و از طرفی این ماهی ارتباطی با کف ندارد احتمالاً پایین بودن میزان سلنیوم در این‌گونه به دلیل نوع تغذیه و اکولوژی این ماهی می‌باشد (Barzegary Firozabady *et al*., 2009). در این تحقیق میزان سلنیوم در ماهیانی که ازنظر اکولوژی شباهت داشتند مشابه نبود که باید سایر عوامل تأثیرگذار مانند ترکیب شیمیایی بافت، سن، فصل صید، خصوصیات اکولوژیکی و ... بر غلظت فلزات را بررسی نمود.

با ورود آلاینده‌های آلی به محیطهای آبی معمولاً این ترکیبات در سه فاز آب، رسوبات و موجودات زنده پراکنده می‌شوند. میزان زیادی از این آلاینده‌ها در ماهیان به‌عنوان یک‌گونه متعلق به سطوح بالا در زنجیره غذایی تجمع می‌یابد. ماهیان یک شاخص مناسب برای ارزیابی آلودگی آلی

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

محیط‌های آبی هستند زیرا فعالیت آنزیم مونواکسیژناز در ماهیان پایین بوده و توانایی آن‌ها برای متابولیسم این آلاینده‌ها کاهش می‌یابد (Zhou *et al.*, 2008؛ Çamur *et al.*, 2020).

به‌طورکلی ماهیان آلاینده‌ها را هم به‌صورت مستقیم از آب و هم از طریق رژیم غذایی دریافت نموده و در بافت‌های خود تغلیظ می‌کنند. بنابراین برای ارزیابی انتقال آلاینده‌ها از طریق زنجیره غذایی و بررسی فرآیند بزرگنمایی زیستی مناسب هستند (Zhou *et al.*, 2008). طی فرآیند بزرگنمایی زیستی غلظت این ترکیبات در ماهی تا یک‌میلیون بار از آب‌های احاطه‌کننده آن‌ها بیشتر می‌شود .این آلاینده‌ها به علت مقاومت در برابر تجزیه برای سال‌های طولانی در محیط‌زیست باقی می‌مانند. این ویژگی‌ها به همراه چربی‌دوستی بالا، منجر به تجمع در بافت‌های چربی موجودات زنده و افزایش غلظت آن‌ها در طول زنجیره غذایی می‌شود که می‌توانند خطرات زیادی برای سلامتی اکوسیستم، حیات‌وحش و انسان ایجاد کنند (Altindağ and Yiğit, 2005).

ارزیابی ریسک یا خطر مصرف آبزیان با توجه به سرانه متفاوت مصرف آبزیان در کشورهای مختلف در ارتباط با میزان عناصر سنگین موجود در عضله آبزیان موردتوجه قرار گرفت. غلظت عناصر به‌تنهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی برای مشخص نمودن حد مجاز مصرف یک آبزی باشد به همین دلیل شاخص‌های متفاوت دیگری ازجمله ارزیابی ریسک یا خطر که هم سرانه مصرف و هم میزان عنصر موجود در بافت خوراکی و هم‌وزن مصرف‌کننده را در نظر می‌گیرد به‌عنوان یک شاخص مناسب معرفی گردید که در این تحقیق شاخص خطر در تمام گونه‌ها کمتر از یک بود بنابراین مصرف آبزیان فوق با توجه به سرانه مصرف ماهی در ایران (حدود ۱۲ کیلوگرم) هیچ‌گونه خطری برای مصرف‌کننده ایجاد نمی‌کند؛ و وزن ماهی نیز روی غلظت سلنیوم اختلاف معنی‌داری ($P> ۰/۰۵$) ایجاد نمی‌کند.

سپاسگزاری

این طرح پژوهشی بدون حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز انجام نمی‌شد و لازم می‌دانیم از حمایت‌های این مجموعه مخصوصاً حوزه معاونت پژوهش واحد اهواز کمال سپاسگزاری را داشته باشیم.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط‌زیست. تهران: نقش مهر، ۷۶۷ ص.

روحانی، م. ۱۳۷۴. تشخیص، پیشگیری و درمان بیماری‌ها و مسمومیت‌های ماهی. انتشارات اداره کل آموزش و ترویج معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران، ۲۵۶ ص.

صادقی راد، م. ۱۳۷۵. بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین در چندگونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، سال پنجم، شماره ۴، صفحات ۱۶-۱.

Alrobaian, M. and Arida, H., 2019. Assessment of heavy and toxic metals in the blood and hair of Saudi Arabia smokers using modern analytical techniques. Int J Anal Chem. https://doi.org/10.1155/2019/7125210

Altindağ, A. and Yiğit, S., 2005. Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. Chemosphere, 60(4): 552-556.

Andreji, J., Stránai, I., Massányi, P. and Valent, M., 2005. Concentration of Selected Metals in Muscle of Various Fish Species. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 40: 899- 912.

AOAC., 1995. Official methods of analysis, Association of official analytical chemists, INC., Arlington, Virginia, USA.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

Barzegary Firozabady, F., Vahdati, A. and Afroze, T., 2009. The effects of arsenic on blood cells in *rat*. Iranian Jouranl Biology, 21: 611-617.

Çamur, D., Topbaş, M. and İlter, H., 2020. Heavy Metals and Trace Elements in Whole-Blood Samples of the Fishermen in Turkey: The Fish/Ermen Heavy Metal Study (FHMS). *Environmental Management*. https://doi.org/10.1007/s00267-020-01398-y

De Rosemond, S., Xie, Q. and Liber, K., 2008. Arsenic concentration and speciation in five freshwater fish species from Back Bay near Yellowknife, NT, Canada. Environmental Monitoring and Assessment, 147, 199-210.

Dökmeci, A. H., Sabudak, T. and Dalmış, V., 2019. Accumulation of essential and toxic metals in sediment from the Marmara Sea along Tekirdağ coast: risk assessment for ecological health. Desalination Water Treat 169: 166–172. https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24671

Eboh, L., Mepba, H. D. and Ekpo, M. B., 2006. Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. Journal of Food Chemistry, 97(3): 490-497.

EPA., 1997. Manual For The Certification Of Laboratories Analyzing Drinking Water: Criteria And Procedures Quality Assurance, Fifth Edition. 1997.

Forstner, U. and Prosi, F., 1978. Heavy metal pollution in Fresh water ecisystem, PP. 129–161.

Foster, E. P., Drake, D. I. and Didomnice, G., 2000. Seasonal changes and tissue distribution of mercury in largemouth bass (micropterus salmiodes) from dorena reservoir, oregan. Environmental contamination and toxicity, 38: 78-82..

Kalay, G. and Bevis, M. J., 2003. Structure and physical property relationships in processed polybutene. Journal of Applied Polymer Science, 88: 814-824.

Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M. L., Cosson, R. P. and Bustamante, P., 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science of the Total Environment, 366: 688-700.

Kot, F. S.,2020. The Effect of Natural Geochemical Background on Neurological and Mental Health. *Expo Health* **12:** 569–591 https://doi.org/10.1007/s12403-019-00322-y

Lamanso, R., Cheung, Y. and Chan, K. M., 1991. Metal concentration in the tissues of rabbitfish collected from Tolo Harbour in Hong kong. Marine Pollution Bulletin, 39, 123-134.

Milher, B. A. and side, G. Y., 1984. Anintroduction to atomic absorption spectrophotometer, pyeunicam LTO, PP 75 - 76.

Newman, M. C. and Unger, M. A., 2003. Fundamentals of ecotoxicology. CRC Press, 458 p.

Okoye, B. C. O., 1991. Heavy metals and organisms in the Lagos Lagoon. International Journal of Environmental Studies, 37: 285-292.

Olowu, R. A., Ayejuyo, O. O., Adewuyi, G. U., Adejoro, I. A., Denloye, A. A. B., Babatunde, A. O. and Ogundajo, A. L. 2010. Determination of Heavy Metals in Fish Tissues, Water and Sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. Journal of Chemistry, 7: 215-221.

Phuc Cam Tu, N., Ha, N. N., Ikemoto, T., Tanabe, BCST. and Takeuchi, I., 2008. Regional variations in trace element concentrations in tissues of black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Decapoda: Penaeidae) from South Vietnam. Marine Pollution Bulletin, 57: 858-866.

Saei-**Dehkordi, S. S., Fallah, A. and Nematollahi, A.,**

Rauf, A, Javed, M. and Ubaidullah M., 2009. Heavy metal levels in three major carps (*Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala*) from the river Ravi, Pakistan. Journal of Pakistan Vet, 29(1): 24-26.

Signes-Pastor, A. J., Punshon, T. and Cottingham, K. L., 2020. Arsenic Exposure in Relation to Apple Consumption Among Infants in the New Hampshire Birth Cohort Study. *Expo Health* **12:** 561–567. https://doi.org/10.1007/s12403-020-00356-7

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

Storelli, M. M., Cuttone, G. and Marcotrigiano, G. O., 2010. Distribution of trace elements in the tissues of smooth hound Mustelus mustelus (Linnaeus, 1758) from the southern–eastern waters of Mediterranean Sea (Italy). Journal of Environmental Monitoring and Assessment.

Turkmen, M. and Ciminli, C., 2007. Determination of metals in fish and mussel species Byinductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Journal of Food Chemistry, 103: 670–675.

WHO., 2001. Regional Office for Europe, (Who Regional Publications, European Series, No.23.

WHO., 2004. Guidelines for drinking water quality. Geneva, 541 p.

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

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-06]