مقایسه میزان آرسنیک و ارزیابی خطر (HQ) در عضله هشت گونه از ماهیان دریایی در 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: ۱۴۰۰۰۱۰۸۵۰
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۶
این مقاله پژوهشی و برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

آرسنیک از مهم‌ترین عناصر سنگین سمی می‌باشد که به روش‌های مختلف وارد محیط آب‌شده و به بدن آبزیان راه می‌یابد و انسان از طریق مصرف آبزیان این عنصر سمی را وارد بدن خود می‌نمایید که در صورت ورود بیش‌ازحد مجاز این عنصر به بدن سلامت انسان به خطر می‌افتد این تحقیق در سال ۱۳۹۹ به‌منظور بررسی غلظت آرسنیک و ارزیابی خطر (HQ) در 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. نتایج نشان داد بالاترین غلظت عنصر آرسنیک در عضله ماهی زمین کن(۰/۴۴± ۱/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد(P< ۰/۰۵). کمترین غلظت آرسنیک در عضله ماهی کفشک زبان گاوی (۰/۱۰± ۰/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد(P< ۰/۰۵). غلظت آرسنیک تحت تأثیر وزن اختلاف معنی‌داری در گونه‌های مختلف ایجاد نکرد (P< ۰/۰۵). شاخص خطر (HQ) در تمام گونه‌های موردتحقیق کمتر از یک بود. در مقایسه غلظت آرسنیک در عضله ماهیان با استانداردهای جهانی میزان این عناصر از استانداردهای WHO، FDA، UK (MAFF)، NHMRC پایین‌تر بود (سازمان بهداشت جهانی حداکثر مجاز روزانه جذب آرسنیک را ۱۳۰ میکروگرم پیشنهاد نموده است). با توجه به غلظت ارسنیک و میزان شاخص خطر (HQ) تغذیه از ماهیان موردتحقیق ازنظر غلظت آرسنیک هیچ خطری برای سلامت انسان ندارند.

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

مقدمه

آلودگی اکوسیستم‌های آبی با فلزات سنگین یک نگرانی عمده برای موجودات و سلامتی انسان است. آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین در طول زنجیره غذایی تجمع می‌یابند و در انتها به بدن انسان منتقل می‌شوند. اندازه‌گیری آلاینده‌های مختلف در ماهی‌ها به علت مصرف خوراکی آن‌ها برای انسان می‌تواند از اهمیت زیادی برخوردار باشد. امروزه افزایش جمعیت و توسعه صنایع مختلف و گسترش مناطق کشاورزی باعث ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف به محیطهای آبی گردیده است. ورود پساب‌های کشاورزی، شهری و صنعتی که حاوی آلاینده‌های گوناگون هستند می‌تواند باعث بروز مشکلات زیادی برای محیطهای آبی گردد (Lamanso, 1991). از میان مواد آلاینده واردشده به اکوسیستم‌های آبی، فلزات سنگین به علت اثرات سمی و پتانسیل بالای تجمع زیستی در بسیاری از گونه‌های آبزیان، قابل‌توجه هستند. آلودگی اکوسیستم‌های

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

آبی به انواع آلاینده‌ها می‌تواند از طریق بررسی آب، رسوبات و موجودات آبزی مورد تأیید قرار گیرد. تجمع فلزات سنگین در هر یک از این اجزا می‌تواند منجر به تغییرات اکولوژی جدی شود (Altindağ and Yiğit, 2005). از میان جانداران آبی، ماهی‌ها و پرندگان به علت قرار گرفتن در سطوح بالایی زنجیره غذایی و مصرف خوراکی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برای پایش آلودگی‌های محیطی برخوردارند.

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 (Milher and side, 1984؛ Forstner and Prosi, 1978؛ Dökmeci *et al*., 2019).

آرسنیک جزء عناصر سمی شناخته‌شده است که در طبیعت وجود دارد و یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی محسوب می‌گردد(Barzegary Firozabady ., 2009). همچنین این عنصر نقشی در فعل‌وانفعالات زیستی در بدن انسان ندارد (WHO, 2004).

ترکیبات آرسنیک به‌صورت گسترده‌ای در طبیعت و مخصوصاً آب‌ها پراکنده‌اند(Alrobaian and Arida, 2019). آرسنیک ۳ ظرفیتی به‌عنوان محصول جانبی ذوب مس، سرب و نیکل تولید می‌شود. ترکیبات دی متیل آرسنیک اغلب در محیط‌های آبی به فراوانی یافت می‌شود و عمدتا" در بدن ماهی‌ها تجمع می‌یابد. میانگین آرسنیک روزانه جذب‌شده از تمام غذاها ۳۰ میلی‌گرم تخمین زده می‌شود. فقط با مصرف زیاد ماهی، لابستر و دیگر غذاهای دریایی ممکن است آرسنیک بیشتری جذب بدن شود(اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). فاضلاب‌های صنعتی کارخانه‌های دباغی، استحصال سنگ‌های معدنی و رنگرزی منابع اصلی آلودگی آب‌های سطحی به آرسنیک هستند. این عنصر ممکن است به‌صورت قطعات بزرگ رسوبی در بستر منابع آبی، مخازن و در موجودات آبزی تجمع کند. غلظت‌های کشنده آن برای انواع ماهیان ۳ تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر و حد مجاز آن ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر آب است(روحانی،۱۳۷۴). مه‌ترین صنایع تولیدکننده ارسنیک صنایع تولیدکننده کود شیمیایی، آفت‌کش‌ها، مواد جانبی کارخانجات فلزی و ... می‌باشد که با توجه به کشاورزی گسترده و استفاده زیاد از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و وجود کارخانجات تولید فولاد آلاینده‌های زیادی از این طریق به منابع آبی استان خوزستان وارد می‌گردند.

ماهی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین برای انسان است که 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 ماهی 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). عناصر سمی مانند جیوه، کادمیوم، سرب و آرسنیک از مهم‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست به‌حساب می‌آیند که بیشترین عوارض را برای انسان ایجاد می‌کنند. سمیت عناصر سنگین که در بدن موجودات آبزی ازجمله ماهی تجمع می‌یابند، خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم و موجودات زنده محسوب می‌گردند(Turkmen and Ciminli, 2007).

سازمان بهداشت جهانی حداکثر مجاز روزانه جذب آرسنیک را ۱۳۰ 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 معمولا" 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) 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 (WHO) غلظت فلزات سنگین در بافت عضله را به‌عنوان مبنا قرار می‌دهد و سازمان FAO و USEPA میزان عناصر سنگین در ماده مورد مصرف انسان را موردتوجه

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

قرار می‌دهد. درنهایت با توجه به سرانه متفاوت در کشورهای مختلف و حتی در مناطق مختلف یک کشور، ارزیابی خطر (Hazard quotient) 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 (HQ) 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 و حیوانی مصرف‌کننده آب و محصولات کشاورزی، به‌صورت یکی از مباحث مهم دنیا درآمده است و استان خوزستان دارای صنایع بسیاری می‌باشد که مه‌ترین صنایع تولیدکننده ارسنیک صنایع تولیدکننده کود شیمیایی، آفت‌کش‌ها، مواد جانبی کارخانجات فلزی و ... می‌باشد که آلاینده‌های زیادی از این طریق به منابع آبی این استان وارد می‌شود. هدف از مطالعه حاضر، بررسی میزان سمیت آرسنیک و ارزیابی خطر(HQ) در بافت خوراکی در هشت گونه تجاری آبزی دریایی 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*) 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 (خرمشهر ۳۰,۲۶۳۶ شمالی و ۴۸,۰۸۲۹ شرقی ، آبادان۳۰,۳۵۴۲ شمالی و ۴۷,۰۷۷۴ شرقی و بندر امام خمینی ۳۰,۴۴۷۲ شمالی و ۴۹,۰۷۱۶ شرقی و بحرکان ۳۰,۶۲۷۴ شمالی و ۴۹,۴۵۴۰ شرقی) و به‌صورت تصادفی بدون در نظر گرفتن وزن و جنسیت و در زمان صید مجاز در مدت یک سال تهیه شدند و با کمک کلید شناسایی، گونه‌های ماهیان موردنظر شناسایی 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 2025-07-09]

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

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 بافت های 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. بافت های 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 تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آون خارج می‌شوند. 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 (Okoye,1991; Kalay and Bevis, 2003; Eboh *et al*., 2006). 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 2025-07-09]

جهت اندازه‌گیری عنصر 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) به‌صورت زیر محاسبه شد.

جذب روزانه‌ی آرسنیک از طریق رابطه‌ی ۱ محاسبه شد (Zhanga *et al.*, 2012):

رابطه ۱: $DI= (C_m \times IR) / BW$

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

C_m (Measured consumption): میانگین غلظت آرسنیک 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 (آرسنیک) و دوز مرجع آن (Phuc Cam Tu *et al.*, 2008) و از طریق رابطه 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 آرسنیک 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. قابل‌ذکر 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 و آنالیز واریانس یک‌طرفه 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 2025-07-09]

نتایج

نتایج نشان داد بالاترین غلظت عنصر آرسنیک در عضله ماهی زمین کن(۰/۴۴± ۱/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد (P< ۰/۰۵). کمترین غلظت آرسنیک در عضله ماهی کفشک زبان گاوی (۰/۱۰± ۰/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد(P< ۰/۰۵). نتایج حاصل از بیومتری نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: بیومتری گونه‌های مختلف ماهیان دریایی بررسی‌شده در آب‌های خوزستان (۱۳۹۹).

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 آرسنیک نشان داد بالاترین غلظت آرسنیک در عضله ماهی زمین کن ۰/۴۴± ۱/۴۶ اندازه‌گیری شد. کمترین غلظت آرسنیک در عضله ماهی کفشک زبان گاوی ۰/۱۰± ۰/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد(P< ۰/۰۵). نتایج حاصل از ارزیابی ریسک(HQ) نشان داد بالاترین شاخص خطر مربوط به گونه زمین کن (۰/۳۴) و پایین‌ترین میزان مربوط به گونه کفشک زبان گاوی می‌باشد (P< ۰/۰۵). نتایج حاصل از غلظت آرسنیک ,شاخص خطر در جدول ۲ آمده است.

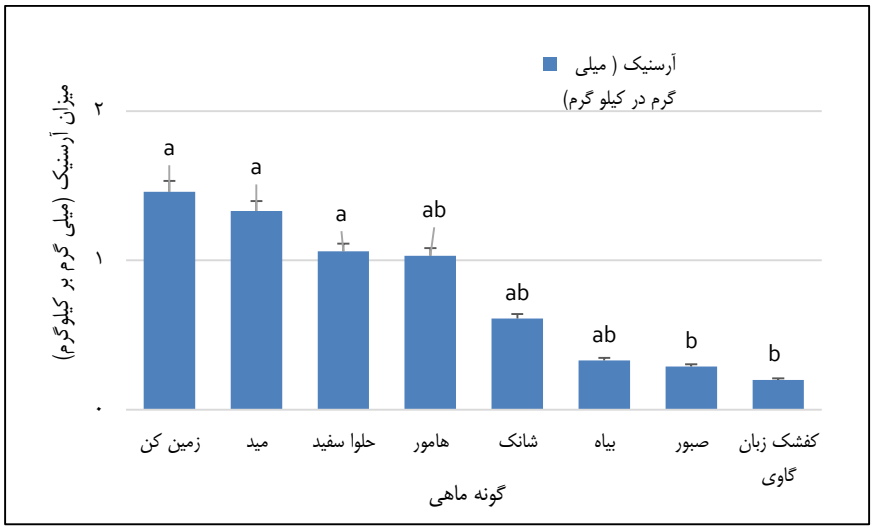
جدول ۲- میانگین غلظت آرسنیک در گونه‌های مختلف ماهیان دریایی بررسی‌شده در آب‌های خوزستان (۱۳۹۹).

گونه ماهی	شاخص خطر (HQ)	آرسنیک (ppm)
حلوا سفید	۰/۲۴^{a}	۱/۰۶ ±۰/۳۶^{a}
شانک	۰/۱۴^{ab}	۰/۶۱ ±۰/۱۶^{ab}
هامور	۰/۲۳^{ab}	۱/۰۳ ±۰/۵۳^{ab}
بیاه	۰/۰۸^{ab}	۰/۳۳ ±۰/۱۲^{ab}
مید	۰/۳۱^{a}	۱/۳۳ ±۰/۰۵^{a}
صبور	۰/۰۷^{b}	۰/۲۹ ±۰/۱۲^{b}
کفشک زبان گاوی	۰/۰۵^{b}	۰/۲۰ ±۰/۱۱^{b}
زمین کن	۰/۳۴^{b}	۱/۴۶ ±۰/۴۳^{b}

نتایج حاصل از میزان آرسنیک در بین گونه‌های مختلف نشان داد بالاترین غلظت آرسنیک در ماهی زمین کن (۰/۴۳± ۱/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سپس به ترتیب در ماهیان مید، حلوا سفید، هامور، شانک، بیاه، صبور و کمترین میزان در ماهی کفشک زبان گاوی (۰/۱۱± ۰/۲۰

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

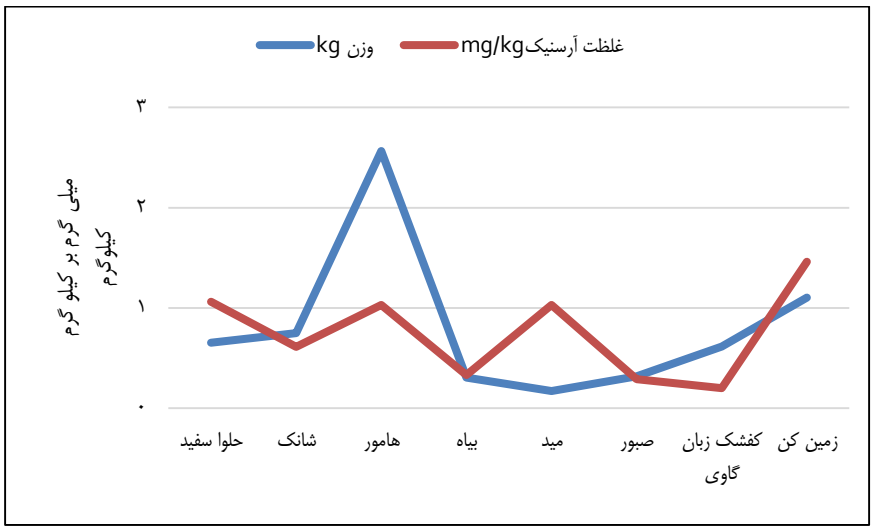
میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. نتایج حاصل از مقایسه آرسنیک بین گونه‌های مختلف و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار (P< ۰/۰۵). در نمودار ۱ آمده است.



شکل ۱: مقایسه میزان آرسنیک در گونه‌های مختلف ماهیان دریایی بررسی‌شده در آب‌های خوزستان (۱۳۹۹).

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

با توجه به نتایج با افزایش وزن ماهی (به‌استثنای ماهی حلوا سفید و کفشک زبان گاوی) غلظت آرسنیک افزایش داشت. در نمودار ۲ تأثیر وزن ماهی بر غلظت آرسنیک در گونه‌های مختلف آمده است.



شکل ۲: رابطه وزن ماهیان بررسی‌شده (کیلوگرم) با غلظت آرسنیک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) خلیج‌فارس (۱۳۹۹).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

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 (US EPA, 2000; WHO, 2004). 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 آرسنیک هستند(US EPA, 2000; WHO, 2001).

عناصر سمی مانند آرسنیک از مهم‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست به‌حساب می‌آیند که بیشترین عوارض را برای انسان ایجاد می‌کنند. سمیت با عناصر سنگین که در بدن موجودات آبزی ازجمله ماهی و میگو تجمع می‌یابند، خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم و موجودات زنده محسوب می‌گردند (Turkmen and Ciminli, 2007). آرسنیک جزء عناصر سمی شناخته‌شده است که میزان سمیت این عنصر به فرم شیمیایی آن بستگی دارد و دارای سمیت ملایم می‌باشد (Newman and Unger, 2003)، عنصری است که در طبیعت وجود دارد و یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی محسوب می‌گردد (Barzegary Firozabady *et al*., 2009). عنصر آرسنیک نقشی در فعل‌وانفعالات زیستی در بدن انسان ندارد (WHO, 2004).

آرسنیک به اشکال گوناگون در ترکیبات آلی و معدنی، سمیت های مختلف در موجودات آبزی ایجاد می‌کند. آرسنیت‌ها و آرسنات‌های محلول به‌آسانی از طریق دیواره روده و بافت عضلانی جذب می‌شوند. بسیاری از ترکیبات آرسنیک به‌صورت معدنی و محلول در آب هستند که به همین دلیل باعث آلودگی آب می‌شوند (Camur *et al*.,2020) ترکیبات آرسنیک بیشتر به‌صورت ۳ ظرفیتی و ۵ ظرفیتی در آب شناسایی‌شده‌اند. مهم‌ترین منشأ آرسنیک در آب فعالیت‌های صنعتی و تخلیه فاضلاب به داخل رودخانه‌ها و یا سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشد (Turkmen and Ciminli, 2007).

آبزیان به دلیل اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی به‌عنوان شاخص مناسبی در ارزیابی سمیت فلزات سنگین موردتوجه می‌باشند. گونه‌های بسیار زیادی از آبزیان برای مطالعه سمیت استفاده می‌شوند که برخی از آن‌ها به‌عنوان نشانگرهای زیستی در نظر گرفته می‌شوند Signes-Pastor, (2020). انتخاب یک‌گونه برای انجام آزمایش، به هدف آزمایش، در دسترس بودن گونه، سهولت پرورش و سهولت حمل‌ونقل بستگی دارد (Barzegary Firozabady *et al*., 2009).

نتایج حاصل از میزان آرسنیک در بین گونه‌های مختلف این تحقیق نشان داد بالاترین غلظت آرسنیک در ماهی زمین کن و سپس به ترتیب در ماهیان مید، حلوا سفید، هامور، شانک، بیاه، صبور و کمترین میزان در ماهی کفشک زبان گاوی مشاهده شد ($P<0,05$).

تفاوت در میزان تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مختلف آبزیان، می‌تواند به دلیل خصوصیات شیمیایی اکوسیستم‌های آبی که آبزیان موردمطالعه از آن‌ها نمونه‌برداری می‌شوند، نیازهای اکولوژیکی، فرآیندهای فیزیولوژیکی، پارامترهایی از قبیل متابولیسم و تغذیه باشد (Barzegary Firozabady *et al*., 2009)

ازآنجایی‌که ماهی زمین کن در معرض همیشگی با بستر می‌باشد و تجمع اغلب عناصر سنگین در لجن کف بیشتر از سایر مناطق آبی می‌باشد. با توجه به اینکه غلظت آرسنیک در رسوبات بیشتر از ستون آبی می‌باشد احتمالاً بالا بودن غلظت آرسنیک در بدن ماهی زمین کن نسبت به سایر گونه‌ها به دلیل ارتباط دائمی این ماهی با رسوبات کف می‌باشد. عوامل مختلفی بر تجمع عناصر تأثیر دارند ولی یکی از مه‌ترین این عوامل نحوه مواجه آبزیان با رسوبات می‌باشد هرچند در این تحقیق میزان ارسنیک 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

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

پایین‌ترین میزان آرسنیک در ماهی کفشک زبان گاوی دیده شد. این ماهی دارای کمترین تحرک نسبت به سایر گونه‌های موردتحقیق می‌باشد و ازآنجایی‌که متابولیسم ازجمله عوامل اثرگذار بر میزان تجمع عناصر سنگین است پایین بودن تجمع آرسنیک در این‌گونه به این موضوع برمی‌گردد (Barzegary Firozabady *et al*., 2009).

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

به‌طورکلی ماهیان آلاینده‌ها را هم به‌صورت مستقیم از آب و هم از طریق رژیم غذایی دریافت نموده و در بافت های 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 بافت های 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).

با توجه به سرانه متفاوت مصرف آبزیان در کشورهای مختلف، میزان عناصر سنگین موجود در عضله آبزیان 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 ۱۱ کیلوگرم) هیچ‌گونه خطری برای مصرف‌کننده 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 صفحه.

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، صفحات۱ تا ۱۶.

Ahmad, A. K. and Shuhaimi-Othman, M., 2010. Heavy metals Concentration in Sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences, 10: 93-100.

Alrobaian M, 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

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

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.

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., 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 AH, Sabudak T, 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, Drinking water standards Environment of Criteria and Asessment., 1997.

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

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, KM., 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, 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., 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 2025-07-09]

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., 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 2025-07-09]

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]