



ارزیابی خطر فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب و آرسنیک در دو گونه ماهی شیربت (*Tor grypus*) و سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) در رودخانه حله بوشهر

لاله رومیانی^۱، محمد ولایت زاده^{۲*}، فاطمه مشایخی^۱

^۱ گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

^۲ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* E-mail: mv.5908@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۲۴

چکیده

امروزه آلاینده های زیست محیطی فلزات سنگین توجه محققان بسیاری را به خود جلب کرده است و به عنوان یکی از عوامل مهم تهدیدکننده انسان در بسیاری از مناطق محسوب می شوند. این تحقیق در سال ۱۳۹۳ به منظور تعیین و مقایسه میزان فلزات سنگین جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک در دو گونه سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) و ماهی شیربت (*Tor grypus*) در رودخانه حله استان بوشهر انجام شد. ۶۰ قطعه ماهی به صورت تصادفی از رودخانه حله صید شدند. میزان فلزات سنگین در عضله ماهیان پس از عملیات هضم شیمیایی، توسط دستگاه جذب اتمی پراکین المر مدل ۴۱۰۰ تعیین شد. دامنه غلظت فلزات سنگین جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک در دو گونه ماهی به ترتیب ۰/۰۷۵۵-۰/۰۶۰۴، ۰/۲۱۳-۰/۱۳۴، ۰/۱۰۸-۰/۱۳۴ و ۰/۱۰۹-۰/۱۴۲ میلی گرم در کیلوگرم بود. در این تحقیق شاخص خطر فلزات سنگین جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک در مورد مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی توسط افراد بالغ کمتر از ۱ به دست آمد، اما شاخص خطر جیوه، کادمیوم و سرب برای کودکان بالاتر از ۱ محاسبه شد. میزان سرب در عضله دو گونه ماهی شیربت و سیاه ماهی نسبت به سایر فلزات سنگین بالاتر بود. همچنین پایین ترین میزان فلز مربوط به عنصر جیوه بود. میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آرسنیک و جیوه در عضله ماهی شیربت نسبت به عضله سیاه ماهی بالاتر بود. میزان فلزات سنگین در عضله این دو گونه ماهی در مقایسه با استانداردها نظیر سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و داروی آمریکا، وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا پایین تر بود. به طور کلی ماهی شیربت و سیاه ماهی رودخانه حله استان بوشهر جهت مصرف انسانی مشکل خاصی ایجاد نمی کند، اما برای کودکان خطرناک می باشد.

کلیدواژه ها: ارزیابی خطر، رودخانه حله، سیاه ماهی، فلزات سنگین، ماهی شیربت

مقدمه

رودخانه حله یکی از اکوسیستم‌های آب شیرین در استان بوشهر می‌باشد که از به هم پیوستن رودخانه‌های دالکی و شاپور در جنوب غربی روستای درودگاه واقع در ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهر برازجان سرچشمه می‌گیرد و گونه‌های متنوعی از ماهیان و آبزیان دارد و بسیاری از ماهیان این رودخانه بومی ایران هستند و ارزش صید و خوراکی دارند [۵،۱۶]. رودخانه حله پایین دست رودخانه‌های استان بوشهر و در دهانه خلیج فارس قرار دارد و به همین دلیل انواع آلودگی‌های بالادست وارد این حوضه آبریز می‌شود. منابع آلاینده این رودخانه شامل تخلیه پساب سپتیک و چاه جذبی، صنایع کانی غیرفلزی، گندهای نمکی، پساب کشاورزی روستاهای مجاور و پساب شهری، پساب صنعتی کارخانجات مختلف می‌باشند [۱۴،۱۹].

سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) و ماهی شیربت (*Tor grypus*) دو گونه بومی رودخانه حله می‌باشند [16]. این دو گونه از رده ماهیان استخوانی (Osteichthyes) و خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) هستند که ارزش اقتصادی بالا، رشد مطلوب، بازارپسندی مناسب و طرفداران بسیار در میان مردم بومی منطقه مورد مطالعه دارند. سیاه ماهی از جلبک‌های چسپیده به بستر رودخانه‌ها و حشرات آبی تغذیه می‌کند [۱۶] و ماهی شیربت همه چیز خوار بوده که در سنین بالا گوشتخوار می‌شوند [۶،۱۸].

در دهه گذشته ورود آلاینده‌ها با منشاء انسانی مانند فلزات سنگین به داخل اکوسیستم‌های دریایی و آب شیرین، به مقدار زیادی افزایش یافته است که به عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط‌های آبی به

شمار می‌آیند. فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و انسان ساخت وارد محیط زیست می‌شوند. میزان ورود این فلزات سنگین به داخل محیط زیست، بسیار فراتر از میزانی است که به وسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می‌شوند [۳۲،۴۵].

بخشی از غلظت عناصر کمیاب در رسوبات، به طور عمده در اثر هوازگی سنگ‌های بستر، واریزه‌های غیرآلوده و شستشوی حوزه رودخانه‌های غیر آلوده روی هم انباشته شده و اجزای اصلی رسوبات را تشکیل می‌دهند. پس از رسیدن عناصر کمیاب به اکوسیستم آبی، ممکن است فرآیندهای ژئوشیمیایی محیط زیستی بر غلظت آن‌ها در رسوبات تأثیر بگذارد. از میان جریان‌های سطحی، رودخانه‌ها به دلیل نحوه ارتباط با رشد و توسعه جوامع بیش از دیگر منابع در بهبود و ارتقاء سطح زندگی انسان‌ها مؤثر بوده و به همین نسبت نیز بیشتر از دیگر موارد در معرض خطر آلودگی و کاهش کیفیت می‌باشد [۲۶،۲۷].

مقادیر برخی از این فلزات مانند مس، روی، آهن در غلظت‌های پایین برای متابولیسم آبزیان ضروری هستند. در حالی که برخی از آن‌ها مانند جیوه، کادمیوم و سرب هنوز سمی هستند و این فلزات حتی در مقادیر بسیار کم نیز برای موجودات زنده سمی هستند [۲۹]. جیوه فلزی خطرناک است که در دهه‌های اخیر نگرانی حاصل از آلودگی زیست محیطی آن در سراسر دنیا بحث‌های زیادی را موجب شده است [۵۴]. سرب یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد [۲۸]. همچنین اثرات سمیت کادمیوم در بدن انسان نیز باعث شده است که در سال‌های اخیر محققین در کشورهای مختلف، مطالعات بسیاری را درمورد این عنصر انجام دهند. آرسنیک جزء عناصر سمی شناخته شده است [۳۳،۴۱].

حوضه آبریز حله، در محدوده جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۸ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی استوار قرار دارد. این حوضه، شامل رودخانه‌های شاپور و دالکی و همچنین زیر حوضه‌های بسته دریاچه پریشان، دشت ارژن و دشت کمارج است. در نزدیکی برازجان دو شاخه شاپور و دالکی بهم می‌پیوندد و رودخانه حله به وجود می‌آید که با امتداد شرقی - غربی در نزدیکی بوشهر به خلیج فارس می‌رسد [۵،۶].

نمونه برداری

تعداد ۶۰ قطعه ماهی شیربت و سیاه ماهی در فصل تابستان (تیرماه) ۱۳۹۳ از رودخانه حله واقع در استان بوشهر به صورت تصادفی در به وسیله تور گوشگیر رودخانه‌ای به کمک صیادان بومی منطقه مورد مطالعه صید شدند. جهت نمونه‌برداری انجام این پژوهش اندازه، وزن، سن و جنسیت ماهیان و ایستگاه رودخانه در نظر گرفته نشد و کیفیت بالای گوشت این دو گونه و مصرف آن‌ها در منطقه مورد مطالعه جهت مطالعه مدنظر بود. ماهیان به وسیله جعبه‌های یونولیتی حاوی پودر یخ به آزمایشگاه کیمیا پژوه البرز واقع در شهرکرد) انتقال داده شدند.

آماده سازی ماهیان

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه همه‌ی آن‌ها با آب کاملاً شستشو شدند. پس از گذشت زمان کافی جهت خروج آب اضافه، همه‌ی نمونه‌ها کدگذاری شده و بافت عضله نمونه‌ها جدا گردید. سپس نمونه‌های عضله ماهی را با یکدیگر مخلوط نموده و ۳ نمونه مرکب به دست آمد [۴۳]. نمونه‌های بدست

و یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی محسوب می‌گردد [۲۴]. این عنصر بر روی سیستم قلب و عروق و پوست، سیستم عصبی مرکزی و محیطی، کلیه‌ها و سیستم خونساز بدن تاثیرگذار می‌باشد و سبب سرطانی‌زایی می‌گردد [۲،۱۷].

به طور کلی اصطلاحات و شاخص‌های متعددی برای تعیین وضعیت فلزات سنگین در محیط زیست و بدن موجودات زنده نظیر غلظت زیستی (Bioconcentration)، تجمع زیستی (Bioaccumulation)، بزرگنمایی زیستی (Biomagnification)، سیبل خطر (Target Hazard Quotient) و شاخص خطر (Hq) به کار می‌رود [۲۵،۳۱]. شاخص خطر فاکتوری است که میزان ریسک فلزات سنگین ناشی از مصرف ماهیان را برای سلامت انسان بیان می‌کند، به عبارت دیگر به کمک این شاخص می‌توان آلودگی فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه را ارزیابی نمود [۴۶،۵۰].

بنابراین با توجه اهمیت ماهیان به عنوان تامین کننده بخشی از پروتئین مورد نیاز مردم و کسب درآمدهای ارزی برای کشور، همچنین نقش مهم ماهی شیربت و سیاه ماهی در زنجیره غذایی مردم منطقه و کیفیت بالای گوشت این دو گونه و عدم انجام مطالعات کافی در استان بوشهر در خصوص اطمینان از سلامت مصرف این ماهیان از لحاظ میزان آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین در بافت عضله این ماهیان، در این تحقیق به اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک در این ماهیان مبادرت گردیده است.

مواد و روش‌ها

محدود مورد مطالعه

کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و در نهایت ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه‌ها را بر اساس حجم استاندارد اضافه شده رسم می‌کنند. در نهایت با استفاده از روابط موجود می‌توان غلظت نمونه را محاسبه کرد. استفاده از این روش سبب حفظ بافت و ماتریس نمونه‌ها می‌شود در نتیجه با این روش احتمال مزاحمت بافت (Matrix Interference) نمونه از بین برده می‌شود [۴۸].

جهت اندازه‌گیری کادمیوم، سرب و آرسنیک ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵٪ اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها بهم زده شدند تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها بهم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (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 WinLab 32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید. جهت سنجش عنصر جیوه سیستم هیدرید بر روی دستگاه جذب اتمی نصب و تنظیم گردید و دستگاه جذب اتمی به کمک محلول‌های استاندارد به حالت اپتیمم تنظیم گردید. منحنی کالیبراسیون جیوه توسط نرم‌افزار WinLab 32 ترسیم گردید و مقدار جیوه در ۵ میلی‌لیتر از محلول آماده شده قرائت و در مقدار ۰/۵ گرم نمونه محاسبه و سپس به ppb گزارش گردید [۲۲].

آمده را به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده تا به وزن ثابت رسیدند و سپس از داخل آون خارج شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد که ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه شد و از سنگ جوش برای یکنواختی جوشیدن استفاده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس مخلوط حرارت داده شد تا بخارات سفید رنگ اسید بطور کامل محو شد، مخلوط سرد شده و در حالی که بالن چرخانده می‌شد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن حدود ۱۰۰ دقیقه محلول کاملاً شفاف بدست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده شد و به حجم رسانده شد [۳۶].

اندازه‌گیری فلزات

سنجش فلزات سنگین مورد مطالعه به روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. حد تشخیص فلزات توسط این دستگاه جذب اتمی به روش کوره در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله می‌باشد. صحت داده‌های به دست آمده با استفاده از روش Standard Addition بررسی گردید. در این روش ابتدا ماده مجهول، آنالیز می‌شود، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه است، حجم‌های مشخصی از استاندارد اضافه می‌شود و

محاسبات شاخص خطر

برای محاسبه شاخص خطر (Hazard quotient) ابتدا باید جذب روزانه فلز (Daily intake) را از طریق معادله ذیل محاسبه نمود [۳۹،۵۶].

$$DI = (C_m \times IR) / BW$$

DI: میزان جذب فلزات مورد مطالعه در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میکروگرم در گرم وزن بدن در روز)
C_m: میانگین میزان فلزات مورد مطالعه در ماهی (میکروگرم در گرم)

IR: میزان مصرف ماهی در منطقه مورد مطالعه (ماهی ۲۵ گرم در روز) [۱۵]

BW: وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ) [۱۲]

پس از محاسبه جذب روزانه فلزات از طریق معادله زیر شاخص خطر محاسبه گردید. شاخص خطر عبارت است از نسبت بین تماس یک آلاینده به دوز مرجع آن است که اگر کمتر از ۱ باشد، بیانگر آن است که مصرف ماهی اثر مضر بر سلامتی انسان ندارد [۳۸].

$$HQ = DI / RfD$$

HQ: نسبت خطر

RfD: دوز مرجع مجموع جذب مجاز روزانه آلاینده (میلی گرم در کیلوگرم در روز) [۲].

مقدار مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان فلزات مورد مطالعه اندازه گیری شده در بخش خوراکی آن یعنی عضله از طریق معادله زیر محاسبه گردید [۴،۵۲]:

$$CR_{lim} = (RfD \times BW) / C_m$$

CR_{lim}: حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (کیلوگرم یا

گرم در روز)

RfD: دوز مرجع مجموع جذب مجاز روزانه آلاینده (میلی گرم در کیلوگرم در روز)

BW: وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ) [۱۲]

C_m: میانگین میزان فلزات مورد مطالعه در ماهی (میکروگرم در گرم)

روش آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS17 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس T-test با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد (P=0.05) تعیین گردید. همچنین در رسم نمودارها و جداول از نرم افزار Excel 2007 استفاده گردید.

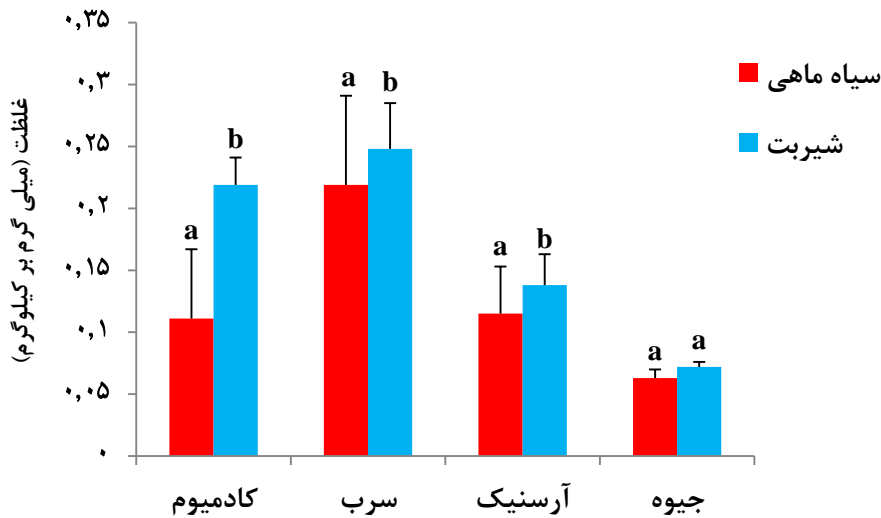
نتایج

میانگین میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب و آرسنیک در عضله دو گونه مورد مطالعه اختلاف معنی داری داشت (P<0.05)، اما در مورد میزان جیوه اختلاف معنی داری مشاهده نشد (P>0.05) (جدول ۱). میزان سرب در عضله دو گونه ماهی شیربت و سیاه ماهی نسبت به سایر فلزات سنگین بالاتر بود. همچنین پایین ترین میزان فلز مربوط به عنصر جیوه بود. میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آرسنیک و جیوه در عضله ماهی شیربت نسبت به عضله سیاه ماهی بالاتر بود (نمودار ۱).

جدول ۱. میانگین میزان فلزات سنگین در عضله دو گونه ماهی شیربت و سیاه ماهی (میلی گرم در کیلوگرم)

گونه ماهی	کادمیوم	سرب	آرسنیک	جیوه
سیاه ماهی	۰/۱۱۱±۰/۰۵۶ ^a	۰/۲۱۹±۰/۰۷۲ ^a	۰/۱۱۵±۰/۰۳۸ ^a	۰/۰۶۳±۰/۰۰۷ ^a
شیربت	۰/۱۲۰±۰/۰۲۲ ^b	۰/۲۴۸±۰/۰۳۷ ^b	۰/۱۳۸±۰/۰۲۵ ^b	۰/۰۷۲±۰/۰۰۴ ^a

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی دار را نشان می دهند ($P < 0.05$).



نمودار ۱- مقایسه فلزات سنگین (میلی گرم در کیلوگرم) در عضله سیاه ماهی و ماهی شیربت رودخانه حله استان بوشهر (حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی دار را نشان می دهند ($P < 0.05$))

میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در افراد بالغ ۰/۶۱۲ و ۰/۵۵۶ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت ۰/۱۲۰ و ۰/۱۱۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب ۴۰ و ۴۴ گرم در روز و ۲۸۰ و ۳۰۸ گرم در هفته می باشد. میزان سرب که از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی وارد بدن انسان می شود، حدود ۰/۰۰۰۰۸۸۵ و ۰/۰۰۰۰۷۸۲ میلی گرم در کیلوگرم در روز و ۰/۰۰۰۰۶۱۹۵ و ۰/۰۰۰۰۵۴۷۴ میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در افراد بالغ ۰/۲۱۰ و ۰/۱۸۶ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای مصرف

با توجه به میزان مصرف سرانه ماهی در ایران، میزان جیوه ای که از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی وارد بدن انسان می شود، حدود ۰/۰۰۰۰۲۵۷ و ۰/۰۰۰۰۲۲۵ میلی گرم در کیلوگرم در روز و ۰/۰۰۰۱۷۹۹ و ۰/۰۰۰۱۵۷۵ میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در افراد بالغ ۰/۲۵۷ و ۰/۲۲۵ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت ۰/۰۷۲ و ۰/۰۶۳ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب ۹۷ و ۱۱۱ گرم در روز و ۶۷۹ و ۷۷۷ گرم در هفته می باشد. در مورد عنصر کادمیوم، میزان غلظتی که از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی وارد بدن انسان می شود، حدود ۰/۰۰۰۰۴۲۸ و ۰/۰۰۰۰۳۹۶ میلی گرم در کیلوگرم در روز و ۰/۰۰۰۲۹۹۶ و ۰/۰۰۰۱۱۰۲۵

کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در افراد بالغ $0/210$ و $0/186$ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن 70 کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت $0/248$ و $0/219$ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب 118 و 134 گرم در روز و 826 و 938 گرم در هفته می باشد (جدول ۲).

کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت $0/248$ و $0/219$ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب 118 و 134 گرم در روز و 826 و 938 گرم در هفته می باشد. همچنین در مورد میزان آرسنیک که از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی وارد بدن انسان می شود، حدود $0/0000885$ و $0/0000782$ میلی گرم در کیلوگرم در روز و $0/0006195$ و $0/0005474$ میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای یک فرد بالغ با وزن 70

جدول ۲. ارزیابی خطر فلزات سنگین مورد مطالعه در عضله دو گونه ماهی شیربت و سیاه ماهی در مواجهه با افراد بالغ

گونه ماهی	شاخص ها	کادمیوم	سرب	آرسنیک	جیوه
	HQ	$0/556$	$0/186$	$0/051$	$0/225$
سیاه ماهی	DI	$0/0000396$	$0/0000782$	$0/0000410$	$0/0000225$
	CR	44	134	486	111
	HQ	$0/612$	$0/210$	$0/061$	$0/257$
شیربت	DI	$0/0000428$	$0/0000885$	$0/0000491$	$0/0000257$
	CR	40	118	405	97

HQ: نسبت خطر، DI: میزان جذب فلز مورد مطالعه در بدن در روز، CR: مقدار مصرف مجاز روزانه ماهی.

عنصر کادمیوم، میزان غلظتی که از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی جذب بدن انسان می شود، حدود $0/0002068$ و $0/0001913$ میلی گرم در کیلوگرم در روز و $0/0014476$ و $0/0013391$ میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای کودکان با وزن $14/5$ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در کودکان $2/955$ و $2/733$ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن $14/5$ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت $0/120$ و $0/111$ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب 8 و 9 گرم در روز و 56 و 72 گرم در هفته می باشد. میزان سرب که

در این پژوهش میزان جیوه ای که از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی جذب بدن انسان می شود، حدود $0/0001241$ و $0/000108$ میلی گرم در کیلوگرم در روز و $0/0008687$ و $0/000756$ میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای کودکان با وزن $14/5$ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در کودکان $1/241$ و $1/086$ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن $14/5$ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت $0/072$ و $0/063$ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب 20 و 23 گرم در روز و 140 و 161 گرم در هفته می باشد. در مورد

از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی جذب بدن انسان می شود، حدود $0/0004275$ و $0/0003775$ میلی گرم در کیلوگرم در روز و $0/0029925$ و $0/0026425$ میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای کودکان با وزن $14/5$ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در کودکان $1/018$ و $0/899$ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن $14/5$ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت $0/248$ و $0/219$ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب 24 و 27 گرم در روز و 168 و 189 گرم در هفته می باشد (جدول ۲).

از طریق مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی جذب بدن انسان می شود، حدود $0/0004275$ و $0/0003775$ میلی گرم در کیلوگرم در روز و $0/0029925$ و $0/0026425$ میلی گرم در کیلوگرم در هفته برای کودکان با وزن $14/5$ کیلوگرم است. همچنین میزان شاخص خطر مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی در کودکان $1/018$ و $0/899$ به دست آمد. با توجه به تعیین حداکثر مصرف روزانه ماهی و با در نظر گرفتن میانگین وزن $14/5$ کیلوگرم برای مصرف کننده، مقدار مجاز مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی با میانگین غلظت $0/248$ و $0/219$ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر، به ترتیب 24 و 27 گرم در روز و 168 و 189 گرم در هفته می باشد. همچنین در مورد میزان آرسنیک که از

جدول ۳. ارزیابی خطر فلزات سنگین مورد مطالعه در عضله دو گونه ماهی شیربت و سیاه ماهی در مواجهه با کودکان

گونه ماهی	شاخصها	کادمیوم	سرب	آرسنیک	جیوه
	HQ	$2/733$	$0/899$	$0/247$	$1/086$
سیاه ماهی	DI	$0/0001913$	$0/0003775$	$0/0001982$	$0/000108$
	CR	9	27	100	23
	HQ	$2/955$	$1/018$	$0/297$	$1/241$
شیربت	DI	$0/0002068$	$0/0004275$	$0/0002397$	$0/0001241$
	CR	8	24	84	20

HQ: نسبت خطر، DI: میزان جذب فلز مورد مطالعه در بدن در روز، CR: مقدار مصرف مجاز روزانه ماهی.

بحث و نتیجه گیری

مگر اینکه آب به دلیل خاصی دچار آلودگی شدید با جیوه یا کادمیوم شده باشد [۲۳، ۴۸]. Heath (۱۹۸۷) بیان می کند که از لحاظ کمیت و کیفیت بین سه عنصر جیوه، کادمیوم و سرب رابطه سرب < کادمیوم < جیوه برقرار است [۳۷]. آرسنیک نیز جزء عناصر سمی و خطرناک محسوب می شود [۱۷]. در این تحقیق میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آرسنیک و جیوه در عضله ماهی شیربت نسبت به عضله سیاه ماهی بالاتر بود. ماهیان شکارچی و

مقادیر به دست آمده از غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در ماهی شیربت و سیاه ماهی رودخانه حله عبارت است: سرب < آرسنیک < کادمیوم < جیوه. میزان سرب در عضله دو گونه ماهی شیربت و سیاه ماهی نسبت به سایر فلزات سنگین بالاتر بود. همچنین پایین ترین میزان فلز مربوط به عنصر جیوه بود. نتایج تحقیقات مختلف بر روی گونه های مختلف ماهی میزان سرب را بالاتر از جیوه و کادمیوم نشان می دهد

شده است [۱۳] که نتایج تحقیقات بیان شده با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد. علت اختلاف تجمع فلزات سنگین در تحقیقات مختلف با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی متفاوت است و به محل زندگی، رفتار تغذیه‌ای، سطح غذا، سن، اندازه و فصل نمونه‌برداری، زمان ماندگاری فلزات سنگین و فعالیت‌های تنظیمی هم‌وستازی بدن ماهی نیز بستگی دارد [۴۷، ۵۵، ۵۶].

در مطالعه‌ای میزان آرسنیک در عضله در دو گونه بیاه (*Liza macrolepis*) و مید (*Liza klunzingeri*) بندر هندیجان به ترتیب ۹۷/۶۶ و ۸۶ میکروگرم بر کیلوگرم [۲۱] گزارش شده است که از نتایج این تحقیق پایین‌تر می‌باشد. همچنین میزان آرسنیک در عضله ماهیان *Labeo gonitus*، *Labeo rohita* و *Cirrhinus mrigala*، *Tilapia mossambicus* و *Cirrhinus reba* به ترتیب ۷/۳، ۲، ۲/۳، ۲، ۲/۶ میلی گرم در کیلوگرم و در عضله ماهیان *Coregonus*، *Catostomus*، *Stizostedion vitreum*، *clupeiformis*، *Catostomus commersoni* ۰/۷۷، ۰/۵۷، ۰/۹۱، ۱/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش گردید [۳۴]، که نتایج این تحقیق در مقایسه با تحقیقات ارائه شده پایین‌تر می‌باشد. میزان تجمع و ذخیره فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهیان با توجه به شرایط اکولوژیک و زیستی و فعالیت‌های متابولیکی و ویژگی‌های بیوشیمیایی فلز متفاوت است [۲۹]. تفاوت در تجمع عناصر گونه‌های مختلف به رفتارهای غذایی [۴۴] و محل زندگی و شرایط زیست محیطی [۲۹] و همچنین خواص فیزیکی و شیمیایی محیط از قبیل سختی آب، pH، درجه حرارت، فصل نمونه برداری، مواد مغذی و زمان رشد ماهی بستگی دارد [۳۵].

گوشته‌خوار در انتهای زنجیره غذایی اکولوژیکی قرار دارند و بنابراین غذای آن‌ها حاوی مقادیری از فلزات سنگین در نتیجه تجمع زیستی (Bioaccumulation) و بزرگنمایی زیستی (Biomagnification) می‌باشد [۸]. مطالعات نشان داده است که میزان برخی فلزات سنگین مانند جیوه، کادمیوم و نیکل در ماهیان گوشته‌خوار و شکارچی در غلظت‌های بالا تجمع می‌یابد، اما مقادیر بالای فلزاتی نظیر مس و وانادیوم در ماهیان گوشته‌خوار جذب و تجمع نمی‌کند [۳]. در ماهیان گوشته‌خوار یکی از مهمترین راه‌های ورود عناصر سنگین تغذیه از جانداران رده‌های پایین‌تر در زنجیره غذایی می‌باشد [۹، ۱۷]. با توجه به اینکه تغذیه شدید به علت ذخیره چربی و انرژی در بدن معمولاً در فصل بهار اتفاق می‌افتد از آنجایی که ماهی شیربت گونه‌ای گوشته‌خوار است [۶]، تغذیه زیاد باعث ورود فلزات سنگین به بدن شده و غلظت این عنصر در عضله افزایش می‌یابد [۲۶، ۲۷].

غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و جیوه در اندام‌های ماهی شیربت رودخانه دز در مقایسه با رودخانه کارون بیشتر گزارش شده است ($P < 0/05$) و تنها غلظت فلز سرب در ماهی شیربت رودخانه کارون بیشتر از رودخانه دز مشاهده شد. غلظت فلزات سنگین در ماهی گتان رودخانه کارون در مقایسه با رودخانه دز بیشتر بود ($P < 0/05$). در رودخانه کارون غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی گتان در مقایسه با ماهی شیربت و در رودخانه دز غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی شیربت در مقایسه با ماهی گتان بیشتر بود ($P < 0/05$) [۴۲]. در بررسی دیگر میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل و مس در عضله ماهی شیربت اروند رود ۲/۸۳، ۱۶/۲۴، ۰/۷۷ و ۲/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن گزارش

سازمان‌های معتبر جهانی مانند WHO، EPA، FAO و USFDA می‌باشد. نتایج نشان داد شاخص ریسک بیشتر از ۱ (۱/۱) بود که بر این اساس مصرف ماهی بی‌اح‌ای ن منطقه‌خطراتی برای مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه در پی خواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۲۷ گرم در روز و یک وعده در هفته توصیه می‌شود [۱۱]. میانگین غلظت جیوه در عضله میگوی پافسید (*Lithopenaeus vannamei*)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*)، ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) و خرچنگ دراز (*Astacus leptodactylus*) به ترتیب ۰/۳۲۳، ۰/۳۴۶، ۰/۳۳۱ و ۰/۱۱۳ میکروگرم بر گرم وزن تر محاسبه شد که در حدود مقادیر استانداردهای اعلام شده توسط سازمان‌های جهانی نظیر FAO، WHO و USFDA بود. شاخص خطر برای همه گونه‌ها کمتر از یک به دست آمد، بنابراین مصرف این غذاهای دریایی خطر جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان از نظر میزان جیوه محسوب نمی‌شود [۱]. میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) بندر ماهشهر ۰/۳۵۴ میکروگرم بر گرم وزن تر است که این میزان کمتر از حد استاندارد اعلام شده از سوی WHO و USFDA، اما بیشتر از حد استاندارد اعلام شده از سوی MAFF و USEPA است [۴۰، ۵۳]. شاخص خطر بیشتر از ۱ محاسبه گردید. همچنین محاسبات نشان داد که جذب روزانه و هفتگی جیوه با توجه به میزان سرانه مصرف هر ایرانی کمتر از مقادیر راهنمای ارائه شده (PTWI و PTDI) از سوی WHO و USFDA است [۵۳]. بنابراین مصرف ماهی شوریده صید شده از منطقه مورد مطالعه ممکن است خطراتی نظیر مسمومیت و سرطان‌زایی برای سلامتی مصرف‌کنندگان آسیب

در این تحقیق شاخص خطر فلزات سنگین جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک در مورد مصرف ماهی شیربت و سیاه ماهی توسط افراد بالغ کمتر از ۱ به دست آمد، اما شاخص خطر جیوه، کادمیوم و سرب برای کودکان بالاتر از ۱ محاسبه شد. با توجه به نتایج به دست آمده مصرف این دو گونه ماهی برای کودکان خطرناک می‌باشد. میانگین غلظت کادمیوم در عضله ماهی شیربت (*Tor grypus*) ۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر (۲/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود که این میزان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان‌های معتبر جهانی مانند WHO و FAO می‌باشد. تحقیقات چراغی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد شاخص ریسک کمتر از ۱ (۰/۳۶) بود که بر این اساس مصرف ماهی شیربت این منطقه خطر حادی برای مصرف‌کنندگان از نظر میزان کادمیوم در پی نخواهد داشت و برای حفظ سلامتی، میزان مجاز مصرف آن ۸۲ گرم در روز توصیه می‌شود [۱۰]. همچنین غلظت فلزات بدست آمده در مقایسه با استانداردهای جهانی در دو گونه اردک ماهی (*Esox lucius*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مقدار سرب (به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشتر به دست آمد و این در حالی است که محتوای دو عنصر کادمیوم و کروم در بافت عضله پایین‌تر از حد استاندارد را نشان داد، همچنین بر طبق نتایج گزارش شده بیشترین میانگین دوز مصرف روزانه به عنصر سرب اختصاص داشت که در گونه اردک ماهی تالاب انزلی مشاهده گردید [۷]. میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی بی‌اح (*Liza abu*) ۰/۲۶ میکروگرم بر گرم وزن تر (۰/۷۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود که این میزان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط

پذیرتر مانند زنان باردار، جنین و کودکان به همراه داشته باشد [۲۰].

مقایسه میزان آرسنیک، جیوه، کادمیوم و سرب در عضله ماهی شیربت و سیاه ماهی رودخانه حله با استانداردهای جهانی حاکی از پایین بودن غلظت جیوه در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان غذا و کشاورزی (FAO (Food and Agriculture Organization))، سازمان بهداشت جهانی (WHO)

داروی آمریکا (FDA (U.S. Food and Drug Administration))، وزارت کشاورزی - شیلات انگلستان (UKMAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries & Food (UK)) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC (National Health & Medical Research Council (Australia)) بود.

جدول ۴. مقایسه غلظت فلزات سنگین در عضله ماهی شیربت و سیاه ماهی با آستانه مجاز استانداردهای جهانی

منابع	فلزات سنگین				استانداردها
	آرسنیک	سرب	کادمیوم	جیوه	
WHO, 1996	۲	۰/۵	۰/۲	۰/۵	WHO
Chen and Chen, 2001	-	۵	۱	۰/۵	FDA
Tuzen, 2009	-	۱/۵	۰/۰۵	۱	NHMRC
MAFF, 1995	-	۲	۰/۰۲	۰/۵	UKMAFF
Chen and Chen, 2001	-	۰/۵	۰/۵	۰/۵	FAO
تحقیق حاضر	۰/۱۳۸	۰/۲۴۸	۰/۱۲۰	۰/۰۷۲	ماهی شیربت
تحقیق حاضر	۰/۱۱۵	۰/۲۱۹	۰/۱۱۱	۰/۰۶۷	سیاه ماهی

منابع

[۱] احمدی کردستانی، ز.، حمیدیان، ا.ح.، حسینی، س.و. و اشرفی، س. ۱۳۹۲. ارزیابی ریسک جیوه ناشی از مصرف میگوی پا سفید (*Lithopenaeus vannamei*)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*)، ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) و خرچنگ دراز (*Astacus leptodactylus*). فصلنامه زیست شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۵ (۱۷): ۷۰-۶۳.

[۲] اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران. ۷۶۷ صفحه.

مقادیر به دست آمده از غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در ماهی شیربت و سیاه ماهی رودخانه حله عبارت است: سرب < آرسنیک < کادمیوم < جیوه. میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آرسنیک و جیوه در عضله ماهی شیربت نسبت به عضله سیاه ماهی بالاتر بود. به طور کلی و بر اساس غلظت های به دست آمده و آنالیزهای انجام شده مشخص شد که ماهی شیربت و سیاه ماهی رودخانه حله استان بوشهر جهت مصرف انسانی مشکل خاصی ایجاد نمی کند، اما درمورد کودکان باید مراقب بود و وعده های غذایی مصرف این ماهیان کنترل شود و تحقیقات تکمیلی در این زمینه انجام گردد.

- [۳] اسماعیلی ساری، ع.، نوری ساری، ح. و اسماعیلی ساری، ا. ۱۳۸۶. جیوه در محیط زیست. انتشارات بازرگان، چاپ اول، رشت. ۲۲۶ صفحه.
- [۴] اسماعیلی ساری، ع.، عبدالله زاده، ا.، جورابیان شوشتری، ش. و قاسمپوری، س.م. ۱۳۹۰. تعیین حد مجاز مصرف ماهی از نظر ترکیبات جیوه. مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا، ۱ (۲): ۳۱-۲۴.
- [۵] پذیرا، ع.، وطن دوست، ص.، ۱۳۸۷. بررسی رژیم غذایی ماهی حمری (*Barbus luteus*) در رودخانه های دالکی و حله استان بوشهر. مجله شیلات، ۲ (۲): ۲۸-۲۳.
- [۶] پذیرا، ع.، عبدلی، ا.، وثوقی، غ. و کیوان، ا. ۱۳۸۸. بررسی رژیم غذایی ماهی شیریت (*Barbus grypus*) در رودخانه های دالکی و حله بوشهر. فصلنامه زیست شناسی دریا، ۱ (۳): ۶۲-۵۴.
- [۷] پناهنده، م.، منصور، ن.، خراسانی، ن.، کرباسی، ع. و ریاضی، ب. ۱۳۹۲. تخمین مواجهه و خطر بالقوه ناشی از مصرف اردک ماهی (*Esox lucius*)، ماهی شاه کولی (*Chaleaiburnus chaleoide*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) حاوی سه فلز سرب، کادمیوم و کروم در بومیان حاشیه تالاب انزلی. فصلنامه اکوبیولوژی، ۵ (۱۶): ۹۰-۸۳.
- [۸] جعفرزاده حقیقی، ن. و فرهنگ، م. ۱۳۸۵. آلودگی دریا (ترجمه). انتشارات آوای قلم. چاپ اول. تهران. ۳۹۳ صفحه.
- [۹] جلالی، ب. و آقازاده مشگی، م. ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب. چاپ اول. تهران. ۱۳۴ صفحه.
- [۱۰] چراغی، م.، اسپرغم، ا. و نوریانی، م.ح. ۱۳۹۱. ارزیابی ریسک کادمیوم ناشی از مصرف ماهی شیریت (*Barbus grypus*) رودخانه اروند. مجله اکوبیولوژی تالاب ها، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۴ (۱۳).
- [۱۱] چراغی، م.، پورخباز، ح.ر. و جوانمردی، س. ۱۳۹۲. تعیین غلظت جیوه در ماهی خوراکی بیاخ (*Liza abu*) رودخانه کارون. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۳ (۱۰۳): ۱۱۳-۱۰۵.
- [۱۲] حسینی، م.، میرغفاری، ن.، محبوبی صوفیانی، ن. و حسینی، و. ۱۳۸۹. بررسی میزان جیوه در سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران) با استفاده از دو شاخص زیستی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) و ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۷۹ صفحه.
- [۱۳] دادااهی سهراب علی، نبوی سید محمد باقر و خیرور ندا (۱۳۸۷). ارتباط برخی مشخصات زیست سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیریت (*Tor grypus*) در رودخانه اروند رود، مجله علمی شیلات ایران، سال هفدهم، شماره ۴، صفحات ۳۳-۲۷.
- [۱۴] درخشان، محمود و کریمی جشنی، ایوب. ۱۳۸۵. نقش رودخانه های استان بوشهر در آلودگی خلیج فارس. هفتمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، سازمان بنادر و کشتیرانی، تهران. ۵ صفحه.
- [۱۵] سالنامه آماری شیلات ایران. (۱۳۹۳). سالنامه آماری شیلات ایران ۱۳۹۰-۱۳۸۰. تهران: انتشارات سازمان شیلات ایران، چاپ اول. ۶۴ صفحه.
- [۱۶] عبدلی، ا.، (۱۳۷۸). ماهیان آب های داخلی ایران. انتشارات نقش مانا، چاپ اول، تهران، ۳۷۷ صفحه.
- [۱۷] عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م. ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. چاپ اول. ۳۸۰ صفحه.
- [۱۸] غفله مرمضی، جاسم ۱۳۷۶. بررسی بعضی از ویژگی های تاکسونومیک و بیولوژیک ماهی شیریت در منابع آبی خوزستان. رساله دکترای شیلات. دانشکده علوم

- toxicity upon mice. *Environ Monit Assess*, 185:1137-1150.
- [28] Berlin, M. 1985. *Handbook of the Toxicology of Metals*. Elsevier Science Publishers, London. Editors 2nd, 2: 376-405.
- [29] Canli M., Atli G. 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Journal of Environmental Pollution*, 121: 129-136.
- [30] Chen, Y.C. and Chen, M.H. 2001. Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters off Ann-Ping, S.W. Taiwan. *Journal of Food Drug Analytic*, 9: 107-114.
- [31] Chien, L.C., Hung, T.C., Choang, K.Y., Yeh, C.Y., Meng, P.J., Shieh M.J., et al. 2002. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. *Science Total Environment*, 285(1-3): 177-185.
- [32] Coulibaly, S., Celestin Atse, B., Mathias Koffi, K., Sylla, S., Justin Konan, K. and Joel Kouassi, N. 2012. Seasonal Accumulations of Some Heavy Metal in Water, Sediment and Tissues of Black-Chinned Tilapia *Sarotherodon melanotheron* from Bietri Bay in Ebrie Lagoon, Ivory Coast. *Bull Environ Contam Toxicol*, 88:571-576.
- [33] Cornelis, R., Crews, H., Caruso, J. and Heumann, K.G., 2005. Toxic effects of arsenic. In: *Handbook of Elemental Speciation II: Species in the Environment, Food, Medicine and Occupational Health*. John Wiley & Sons, Chichester, 78-79.
- [34] 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, PP. 199-210.
- [35] Dixon, H., Gil, A., Gubala, C., Lasorsa, B., Crecelius, E. and Curtis L.R. 1996. Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S. Arctic Lakes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16 (4): 733 P.
- [36] Eboh, L., Mepba, H.D. and Ekp, MB. 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.
- [37] Heath, A.G. 1987. *Water pollution and fish physiology*. (2nd ed.). CRC. Press. Boston, USA. 245 P.
- [38] Ikemoto, T.; Phuc cam Tu, N. ; Okuda, N., 2008. Biomagnification of trace elements in aquatic food web in the Mekong Delta, South Vietnam using stable carbon and nitrogen isotope analysis. V. 54, No 3. P, 504-515.
- دریابی، دانشگاه تربیت مدرس، نور. صفحات ۳۵-۲۳.
- [۱۹] غلامی، مینا و بهمنیاری، هاجر ۱۳۹۰. بررسی منابع آلاینده حوضه آبریز شاپور، دالکی و حله. همایش منطقه‌ای جنگل‌ها و محیط‌زیست ضامن توسعه پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر. ۱۱ صفحه.
- [۲۰] مردوخی، س.، حسینی، س.و. و حسینی، س.م. ۱۳۹۲. ارزیابی خطر جیوه ناشی از مصرف ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) در خلیج فارس: مطالعه موردی بندر ماهشهر. فصلنامه علوم و فنون شیلات، ۲ (۳): ۵۵-۴۳.
- [۲۱] ولایت‌زاده، م. و عسکری ساری، ا. ۱۳۹۱. بررسی و مقایسه تجمع آرسنیک در عضله و کبد پنج گونه ماهی بومی استان خوزستان. نشریه شیلات (منابع طبیعی ایران)، ۶۵ (۴): ۶۱-۴۵۷.
- [22] Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman, M. 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 10 (2): 93-100.
- [23] Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Sciences Total Environment*, 256: 87-94.
- [24] Ananth, S., Mathivanan, V., Aravinth S. and Sangeetha, V. 2014. Impact of Arsenic metal toxicant on biochemical changes in the grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *International Journal of Modern Research and Reviews*, 2 (2): 74-78.
- [25] Asha, P.S., Krishnakumar, P.K., Kaladharan, P., Prema, D., Diwakar, K. and Valsalaand, K.K.G. 2010. Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves off Tuticorin. *Journal Marin Biology Assoc. India*, 52(1): 48-54.
- [26] Bahnasawy, M., Khidr, A. and Dheina, N. 2011. Assessment of heavy metal concentrations in water, plankton, and fish of Lake Manzala, Egypt. *Turkish Journal Zoology*, 35 (2): 271-280.
- [27] Bellassoued, K., Hamza, A., Pelt, J. and Elfeki, A. 2013. Seasonal variation of *Sarpa salpa* fish toxicity, as related to phytoplankton consumption, accumulation of heavy metals, lipids peroxidation level in fish tissues and

- [39] Kojadinovic, J., M. Potier, M. L. Corre, R. P. Cosson and P. Bustamante. 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. *Science of the Total Environment*. 366: 688–700.
- [40] MAFF. 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report No. 44. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.
- [41] Miloskovic, A. and Simic, V. 2015. Arsenic and Other Trace Elements in Five Edible Fish Species in Relation to Fish Size and Weight and Potential Health Risks for Human Consumption. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (1): 199-206.
- [42] Mohammadi M, Askary Sary A, Khodadadi M. 2011. Determination of heavy metals in two barbs, *Barbus grypus* and *Barbus xanthopterus* in Karoon and Dez Rivers, Khuzestan, Iran. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 87(2), 158-162.
- [43] MOOPAM. 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait, Vol 20.
- [44] Mormedoe, S. and Davies, I.M. 2001. Heavy metal concentration in commercial deep-sea fish from the Rockall Trough. *Continental Shelf Research*, 21: 899-916.
- [45] Nwani, C.D., Nwachi, D.A., Okogwu, O.I., Ude, E.F. and Odoh, G.E. 2010. Heavy metals in fish species from lotic freshwater ecosystem at Afikpo, Nigeria. *Journal of Environmental Biology*, 31 (5): 595-601.
- [46] 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.
- [47] Razavi, N.R., Arts, M.T., Qu, M., Jin, B., Ren, W., Wang, Y. and Campbell, L.M. 2014. Effect of eutrophication on mercury, selenium, and essential fatty acids in Bighead Carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) from reservoirs of eastern China. *Science of the Total Environment* 499: 36–46.
- [48] Rouessac, F. and Rouessac, A. (2007). *Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques*. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.
- [49] Sekhar, K.C., Chary, N.S., Kamala, C.T., Raj, D.S.S. and Rao, A.S. 2003. Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound Heavy Metals in Kolleru lake by edible fish. *Environment International*, 29: 1001–1008.
- [50] Storelli, M. M., 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQ. s) and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chemical Toxicology*, 46: 2782-2788.
- [51] Tuzen, M. 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Journal of Food and chemical Toxicology*, 47 (9): 2302-2307.
- [52] US EPA, 2000. Arsenic occurrence in public drinking water supplies, EPA-815-R-00-023, Washington DC.
- [53] WHO (World Health Organization). 1996. Health criteria other supporting information. In: *Guidelines for Drinking Water Quality*, 2nd ed, 2: 31-388, Geneva.
- [54] Xiaojie L., Jinping C., Yuling S., Shunichi H., Li W., Zheng L., Mineshi S. and Yuanyuan L., 2008. Mercury concentration in hair samples from Chinese people in coastal cities. *Journal of Environmental Science*, 20:1258 1262.
- [55] Yi, Y.J. and Zhang, S.H. 2012. The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 1699 –1707.
- [56] Zhang, W. and Wang, W. X., 2012. Large-scale spatial and interspecies differences in trace elements and stable isotopes in marine wild fish from Chinese waters. *Journal of Hazardous Materials*, 215-216: 65-74.

