ارزیابی فاکتورهای سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در عضله ماهیان غالب رودخانه بهمنشیر

- **آزیتا کوشافر***: گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
- **احمد سواری**: گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
- **نسرین سخایی**: گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
- **بیتا ارچنگی**: گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
- **فاطمه کریمی‌اورگانی**: گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۷

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب درعضله ماهیان بیاح (*Liza* abu)، شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) و شبه شوریده چشم درشت (*Pennahia anea*) رودخانه بهمنشیر در فصل زمستان انجام شد. ۹۰ نمونه ماهی شبه شوریده چشم درشت، بیاح و شانک زرد باله به‌صورت کاملاً تصادفی از ۵ ایستگاه مورد مطالعه به وسیله تورهای گوشگیر رودخانه ای توسط صیادان بومی منطقه تهیه شدند. سنجش فلزات سنگین مورد مطالعه به‌روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. به‌منظور تکمیل اطلاعات در بخش مخاطرات وارده بر سلامت انسانی اقدام به تکمیل پرسشنامه به‌صورت تصادفی گردید. حداقل و حداکثر وزن مردان و زنان مورد مطالعه ٥٤ و ۱۰۷ کیلوگرم و میانگین وزنی کیلوگرم ۱۳/۸۰۳±۷۳/٦۲ بود. غلظت جیوه، سرب، کادمیوم در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از شبه شوریده چشم درشت و بیاح به‌دست آمد (P<۰/۰۵). الگوی تجمع فلزات سنگین در عضله سه گونه بیاح، شانک زرد باله و شبه شوریده چشم درشت به‌صورت سرب>کادمیوم>جیوه بود. در سه گونه ماهی می‌توان گفت که هر سه گونه نسبت به سرب سرطان‌زایی داشته اما نسبت به جیوه فقط گونه شانک از حد استاندارد خارج بوده است. درخصوص کادمیوم می‌توان گفت که هر سه گونه در محدوده معرفی شده بوده و برای مصرف انسان از نظر سرطان‌زایی مشکلی ایجاد نمی‌کنند.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک، فلزات سنگین ماهی، عضله، رودخانه بهمنشیر

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: koshafar_1349@yahoo.com

مقدمه

منابع آبی به اشکال مختلف و توسط آلاینده‌های متفاوتی آلوده می‌شوند. برخی از آلاینده‌ها مثل فلزات‌سنگین کادمیوم، سرب و جیوه زوال‌ناپذیر هستند و اثرات بسیار شدیدی بر آب و موجودات آبزی و به‌طورکل بر زنجیره اکوسیستمی دارند (رجایی و همکاران، ۱۳۹۱). آلودگی اکوسیستم‌های آبی با فلزات‌سنگین یکی از مشکلات‌مهم‌محیط زیست است. سواحل و مصب‌ها از مهم‌ترین مناطق برای فرونشینی بسیاری از آلاینده‌ها می‌باشند. فلزات با ورود در بخش‌های مختلف اکوسیستم‌های آبی تنزل می‌یابند. در رسوبات جمع شده از آن‌جا وارد چندین چرخه شیمیایی و بیولوژیکی شده و در ستون آب و موجودات آن تاثیر می‌گذارند. از عواملی که باعث ورود فلزات به محیط زیست می‌شود، می‌توان به پساب‌های صنعتی، پساب‌های شهری، منابع غیرنقطه‌ای، رواناب‌ها و نزولات جوی اشاره کرد. آلودگی ناشی از این آلاینده‌ها در سال‌های اخیر افزایش یافته و در بسیاری از کشورها مشاهده می‌شود (Lei و همکاران، ۲۰۱۵). رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی جهت مصارف انسانی و سایر موجودات زنده در معرض آلودگی‌های زیست‌محیطی متعددی هستند. فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌ها، از راه‌های مختلف نظیر پساب‌های‌شهری‌و کشاورزی و فاضلاب‌های‌صنعتی و بیمارستانی وارد رودخانه‌ها می‌شوند و خسارات جبران‌ناپذیری را بر موجودات‌زنده ازجمله انسان برجای می‌گذارند (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های‌سمی در محیط‌زیست‌موجودات زنده فلزات سنگین هستند که سبب بروز مسمومیت و بیماری‌های حاد و مزمن در انسان می‌شوند (Al-Najare و همکاران، ۲۰۱۳). عوارض این آلاینده‌ها بر سلامت انسان به‌طور عمده به‌دنبال در معرض قرار گرفتن مداوم و تدریجی اتفاق می‌افتد و علاوه بر مشکلات کبدی، کلیوی و استخوانی به‌طور بالقوه سرطان‌زا، جهش‌زا و آلرژی‌زا هستند (Bahnasawy و همکاران، ۲۰۱۱؛ Bellassoued و همکاران، ۲۰۱۳). در میان فلزات سنگین جیوه به‌عنوان یک آلاینده جهانی مطرح شده است و از دیگر فلزات سمی‌تر است (Niazi و همکاران، ۲۰۰۹؛ Meucci و همکاران، ۲۰۰۹). سرب یکی از چهار فلزی است که بیش‌ترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد (Berlin، ۱۹۸۵). کادمیوم نیز جزء فلزات سمی می‌باشد که اثرات سمیت کادمیوم در بدن انسان نیز باعث شده است که در سال‌های اخیر محققین در کشورهای مختلف، مطالعات بسیاری را در مورد این عنصر انجام دهند (Agah و همکاران، ۲۰۰۹؛ Ahmad و Shuhaimi-Othman، ۲۰۱۰). رودخانه بهمنشیر منطقه‌ای مصبی است با طولی در حدود ۷۸ کیلومتر از محل اتصال کارون به حفار و بهمنشیر شروع شده و تا دهانه خلیج فارس ادامه دارد. در اهمیت این رودخانه می‌توان به آبیاری بیش از چهار میلیون نخل به کمک این رودخانه در منطقه اشاره نمود و هم‌چنین بیان کرد که از قسمت بالادست رودخانه آب شرب منطقه آبادان و خرمشهر تامین می‌شود. بندر چوئبده که از پر ترددترین بنادر کشور است در این منطقه قرار گرفته است. تردد زیاد لنج‌ها، شناورهای کوچک و قایق‌ها، ورود فاضلاب‌های شهری و فعالیت‌های کشاورزی زیاد در این منطقه سبب گردیده است که این منطقه در معرض خطر قرار گیرد (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۹؛ کوشافر و همکاران، ۱۳۹۷). بررسی‌های مختلفی از نظر میزان فلزات سنگین در این منطقه صورت گرفته که بیانگر حضور این فلزات در رودخانه و وجود مقادیر بالاتر از حد استاندارد آن‌هادر رسوب‌و بدن‌موجودات‌بوده است(کوشافر و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳؛ ولایت‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به مطالب ذکر شده این تحقیق با هدف ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در عضله ماهیان غالب رودخانه بهمنشیر (بیاح، شانک زرد باله و شبه شوریده چشم درشت) انجام شد.

مواد و روش‌ها

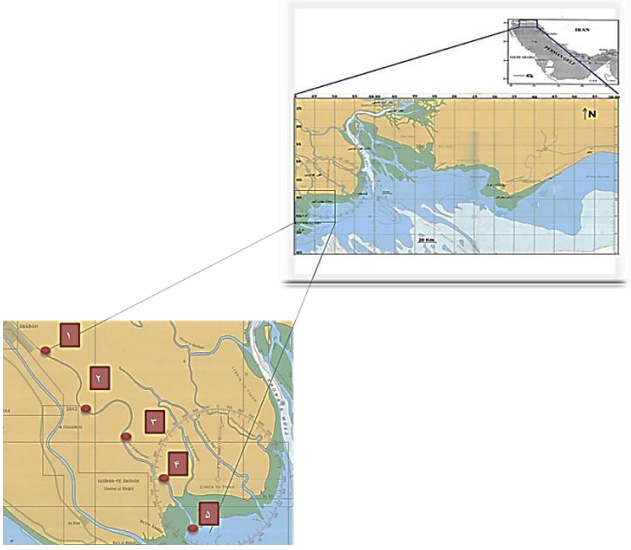
نمونه‌برداری: رودخانه بهمنشیر به‌طول ۸۰ کیلومتر، در منتهی‌الیه جنوب‌غربی ایران در استان خوزستان در حد فاصل عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی واقع گردیده است. این رودخانه از انشعابات‌رودخانه کارون بوده که در حد فاصل جزیره آبادان و خرمشهر (محلی به نام حفار) منشعب شده است. رودخانه بهمنشیر در بالادست به رودخانه کارون و کانال حفار و در پایین‌دست به خلیج فارس منتهی می‌گردد (ولایت‌زاده و نجفی، ۱۳۹۲) (شکل ۱). ۹۰ نمونه ماهی شبه شوریده چشم درشت، بیاح و شانک زرد باله به‌صورت کاملاً تصادفی از ۵ ایستگاه مورد مطالعه به‌وسیله تورهای گوشگیر رودخانه‌ای توسط صیادان بومی منطقه تهیه‌شدند (جدول ۱). به‌طورکلی از هر گونه ۳۰ نمونه تهیه شد که در این تحقیق جهت نمونه‌برداری ماهیان اندازه، وزن، سن و جنسیت ماهیان درنظر گرفته نشد و بیش‌تر غالبیت دو گونه‌در فصل زمستان‌در رودخانه بهمنشیر و روش‌و نوع زیست‌شناسی و اکولوژیک این دو گونه جهت مطالعه مدنظر بود.

هضم شیمیایی: ماهیان به‌وسیله جعبه‌های یونولیتی حاوی پودر یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند و در آزمایشگاه بافت عضله نمونه‌ها جدا گردید. سپس نمونه‌های به‌دست آمده را به‌مدت 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. به این صورت که ۰/۵ گرم از نمونه در

یک‌بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته‌شدو به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۷مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه شد و از سنگ جوش برای یکنواختی جوشیدن استفاده‌شد،سپس‌نمونه سردشده و ازبالای مبرد به‌آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسیدنیتریک غلیظ و اسیدپرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد، سپس مخلوط حرارت داده شد تا بخارات سفید رنگ اسیدبه‌طور کامل‌محو شد،مخلوط سردشده 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 به‌دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به‌داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتر انتقال داده شد و به حجم رسانده شد (ROPME، ۱۹۹۹).

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه بهمنشیر در طی دوره مطالعه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول و عرض جغرافیایی
اول	ورودی بهمنشیر	۳۰ درجه، ۲۵ دقیقه ، ۲۴ ثانیه شمال و ۴۸ درجه، ۱۳ دقیقه، ۵۷ ثانیه شرق
دوم	پل احمدآباد	۳۰ درجه، ۱۸ دقیقه ، ۵۵ ثانیه شمال و ۴۸ درجه، ۲۱ دقیقه، ۵ ثانیه شرق
سوم	تنگ ۱	۳۰ درجه، ۱۱ دقیقه ، ۲۲ ثانیه شمال و ۴۸ درجه، ۲۸ دقیقه، ۲۲ ثانیه شرق
چهارم	بند چوئبده	۳۰ درجه، ۹ دقیقه ، ۵۷ ثانیه شمال و ۴۸ درجه، ۳۵ دقیقه، ۱۳ ثانیه شرق
پنجم	ابتدای خلیج فارس	۳۰ درجه، ۱ دقیقه، ۷ ثانیه شمال و ۴۸ درجه، ۴۲ دقیقه، ۵۷ ثانیه شرق

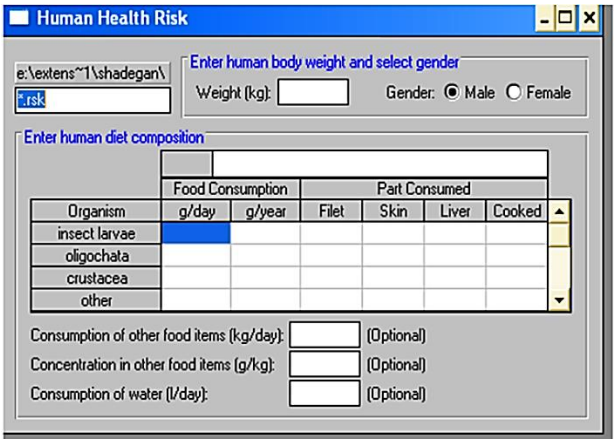


شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی رودخانه بهمنشیر و ایستگاه‌های نمونه‌برداری ماهیان (نگارنده مقاله)

اندازه‌گیری فلزات سرب و کادمیوم: سنجش فلزات سنگین موردمطالعه‌به‌روش جذب‌اتمی و سیستم‌کوره‌گرافیتی‌باکمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد.حد تشخیص فلزات توسط این دستگاه جذب اتمی به‌روش کوره در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله می‌باشد. جهت اندازه‌گیری کادمیوم، سرب، وانادیوم و کبالت ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵٪ اضافه شده و به‌مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به‌هم زده شدند تا عناصر به‌صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به‌هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور 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 ۳۲ WinLab رسم گردید و مقدار این‌عناصر درمحلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad و Shuhaimi-Othman، ۲۰۱۰).

اندازه‌گیری جیوه: سنجش جیوه به‌روش جذب اتمی و سیستم هیبرید با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. حد تشخیص جیوه توسط این دستگاه جذب اتمی در حد ppb بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم‌شعله و کوره می‌باشد. پس از تنظیم سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون جیوه به کمک استانداردهای این عنصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار ۳۲ WinLab رسم و مقدار جیوه‌درمحلول‌های‌آماده‌شده‌اندازه‌گیری‌گردید(Ahmad و Shuhaimi-Othman، ۲۰۱۰).

ارزیابی ریسک سلامت: به‌منظور تکمیل اطلاعات در بخش مخاطرات وارده بر سلامت انسانی اقدام به تکمیل پرسشنامه به‌صورت تصادفی گردید. در این بخش اطلاعاتی چون میزان وزن ماهیگیران برحسب کیلوگرم،جنسیت (زن یا مرد)، ترکیب رژیم غذایی ماهیگیران در دو قسمت غذای مصرفی برحسب گرم در روز و گرم در سال و بخش مصرفی فیله، پوست و پخت و پز از صیادان و خانواده آن‌ها به شکل تصادفی به‌منظور تکمیل اطلاعات در این بخش مورد پرسش قرارگرفت(شکل ۲).این پرسشنامه یکی از زیرمدل‌های‌نرم‌افزار Ecofat بود. Ecofate یک مدل کامپیوتری جهت ارزیابی مخاطرات اکولوژیک و زیست‌محیطی ناشی از نشر مواد شیمیایی به‌درون اکوسیستم‌های آبی است. این مدل می‌تواند برای اکوسیستم‌های آبی چون مناطق دریایی، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها به‌کار رود.



شکل ۲: پرسشنامه زیر مدل اثرات وارده بر سلامت انسان

از اطلاعات این بخش در تکمیل میانگین مقدار مصرف روزانه ماهی توسط مردم(برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) برای سنجش میزان سرطان‌زایی یا غیرسرطان‌زایی استفاده شد. به‌منظور محاسبه اثرات وارده بر مواد سمی مصرفی بر سلامت انسانی مطابق روش‌ها و و معادلات میزان سرطان‌زایی در افراد مورد مطالعه محاسبه گردید (Andersonوهمکاران، ۲۰۱۰).به‌منظور محاسبه‌فاکتورغیرسرطان‌زایی با استفاده از فرمول معادلات ۱ و ۲ میانگین دوز مصرفی روزانه مصرف ماهی توسط مردم(Acceptable Daily Intake)را محاسبه نموده وسپس با استفاده از معادلات ۳ و ۴ به‌ترتیب میزان فاکتور غیرسرطان‌زایی و شاخص خطر محاسبه شد:

معادله ۱: $CF = (CS/TOC) \times BSAF \times F\ LIPID$

CF (contaminant in fish): غلظت ماده شیمیایی در ماهی، CS (Contaminant in sediment): غلظت آلاینده در رسوب (میلی‌گرم در کیلوگرم)، TOC (Total organic carbon): میزان ظرفیت کربن آلی، BSAF (Bioaccumulation factor): فاکتور تجمع در رسوب- بیوتا، F LIPID (f Lipid=lipid in fish): ظرفیت چربی در ماهی

معادله ۲: $ADI\ or\ intake=CF\times IR\times EF\times ED/BW\times AT$

IR: میزان مصرف ماهی (کیلوگرم/روز)، EF: بسامد یا تکرار میزان مواجهه (روز/سال)، ED: دوره مواجهه بر حسب گرم، BW: وزن بدن بر حسب کیلوگرم، day AT: واحد زمان، ADI: میانگین مقدار مصرف روزانه مصرف ماهی توسط مردم (میلی‌گرم/کیلوگرم/روز)

معادله ۳: $ILCR=ADD \times CSf$

ILCR: incremental life time cancer risk، ADI: میانگین مقدار مصرف روزانه ماهی توسط مردم (میلی‌گرم/کیلوگرم/روز)، CSF:فاکتور بالقوه ریسک

معادله ۴: $HQ = ADI/RFD$

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌کمک نرم‌افزار SPSS ۱۷ انجام شدو میانگین تیمارها به‌کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA One-way) با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد(P=۰/۰۵) تعیین گردید. هم‌چنین در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel ۲۰۰۷ استفاده گردید.

نتایج

به‌منظور تعیین اثرات ناشی از مصرف ماهیان حاوی سموم فلزات سنگین و سلامت انسانی مردم منطقه، با استفاده از پرسشنامه به شکل تصادفی از ۵ زن و ۲۳ مرد ماهیگیر منطقه درخصوص وزن‌شان برحسب کیلوگرم، میزان مصرف ماهی در روز، بخش مصرفی ماهی (فیله و پوست) و نحوه مصرف سوالاتی مورد پرسش قرار گرفت که در آن جنسیت و وزن افراد مصرف کننده (به‌ویژه ماهیگیران)، نوع مصرف، میزان مصرف در روز و روش پخت مورد توجه قرار گرفته است.زنان مورد پرسش دارای اوزان متفاوت بوده‌اند. مردان نیز اکثریت افراد دارای وزن ۷۰ کیلوگرم و مابقی افراد وزن‌های متفاوت داشته‌اند. لذا میانگین وزنی مردان ۷۵/۳۳ کیلوگرم بوده و حداکثر وزن ۱۰۷ کیلوگرم و حداقل ۵۰ کیلوگرم بوده است و میانگین وزنی زنان ۶۸/۶۶ کیلوگرم بوده‌وحداکثر وزن ۸۶ کیلوگرم‌و حداقل ۵۴ کیلوگرم‌می‌باشد. بیش‌ترین میزان مصرف‌در زنان ۰/۴۲ کیلوگرم در روز و کم‌ترین ۰/۲۸ کیلوگرم در روز و در مردان حداکثر ۰/۸۵ کیلوگرم در روز و کم‌ترین ۰/۲۸ کیلوگرم در روز بوده است(جدول ۲).حداقل و حداکثر وزن افراد به‌ترتیب ۵۴و۱۰۷کیلوگرم و میانگین وزنی کیلوگرم ۱۳/۸۰۳±۷۳/۶۲ بود. میانگین میزان فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در جدول ۳ آمده است. غلظت جیوه، سرب، کادمیوم در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از شبه شوریده چشم درشت و بیاح به‌دست آمد (P<۰/۰۵). الگوی تجمع فلزات سنگین در عضله سه گونه بیاح، شانک زرد باله و شبه‌شوریده‌چشم‌درشت‌به‌صورت‌سرب>کادمیوم>جیوه‌بود (جدول۳). جهت محاسبه شاخص‌های سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات وزن افراد، میزان مصرف و نوع مصرف ماهیان استفاده شدند. با توجه به این استانداردها و مقادیرمحاسبه شده در سه گونه ماهی می‌توان گفت که هر سه گونه نسبت به سرب سرطان‌زایی داشته اما نسبت به جیوه فقط گونه شانک از حد استاندارد خارج بوده است. درخصوص کادمیوم می‌توان گفت که هر سه گونه در محدوده معرفی شده بوده و برای مصرف انسان از نظر سرطان‌زایی مشکلی ایجاد نمی‌کنند (جدول ۴). مقایسه میزان جیوه درعضله ماهی بیاح، شبه شوریده چشم درشت و شانک‌زردباله رودخانه بهمنشیر با استانداردهای جهانی حاکی از پایین بودن غلظت این فلزات سنگین در مقایسه با آستانه استانداردهای

جدول ۲: میزان وزن افراد و میزان مصرف ماهی توسط مردان و زنان ساکن در منطقه رودخانه بهمنشیر

وزن مردان (کیلوگرم)	تعداد	وزن زنان (کیلوگرم)	تعداد
۷۰	۳	۸۶	۱
۶۹	۱	۸۱	۱
۷۸	۳	۶۶	۱
۹۵	۲	۵۷	۱
۱۰۷	۱	۵۴	۱
۷۵	۴	-	-
۸۰	۳	-	-
۶۰	۳	-	-
۸۵	۲	-	-
۵۰	۱	-	-
۶۷	۱	-	-

میزان مصرف (کیلوگرم در روز)	تعداد	میزان مصرف (کیلوگرم در روز)	تعداد
۰/۸۵	۴	۰/۴۲	۳
۰/۷۱	۳	۰/۲۸	۲
۰/۵۷	۶	-	-
۰/۴۲	۱۴	-	-
۰/۲۸	۲	-	-

جهانی سازمان غذا و داروی امریکا، سازمان غذا و کشاورزی (FAO= Food and Agriculture Organization)، سازمان بهداشت جهانی (WHO=Word Health Organization)، وزارت کشاورزی ـ شیلات انگلستان (UKMAFF=Ministry of Agriculture, Fisheries & Food UK) و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (NHMRC=National Health & Medical Research Council :Australia) بود. میزان سرب در مقایسه با حد مجاز سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و کشاورزی و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا بالاتر بوده است، اما در مقایسه با وزارت کشاورزی ـ شیلات انگلستان، سازمان غذا و کشاورزی و سازمان غذا و داروی امریکا پایین‌تر بوده است. میزان کادمیوم نیز در مقایسه با استانداردهای وزارت کشاورزی-شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا بالاتر بوده، اما در مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، سازمان غذا و کشاورزی و سازمان غذا و داروی امریکا پایین‌تر بوده است (جدول ۵).

جدول ۳: میانگین فلزات سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم) در عضله ماهیان مورد مطالعه رودخانه بهمنشیر

فلزات سنگین	بیاح	شانک زرد باله	شبه شوریده چشم درشت
جیوه	۰/۰۷۹±۰/۰۰۷^{a}	۰/۰۹۵±۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۷۴±۰/۰۱۶^{c}
سرب	۰/۱۹۶±۰/۰۰۷^{a}	۰/۲۰۸±۰/۰۰۸^{b}	۰/۱۴۷±۰/۰۱۲^{c}
کادمیوم	۰/۰۸۴±۰/۰۰۷^{a}	۰/۰۹۸±۰/۰۰۸^{b}	۰/۰۷۵±۰/۰۲۳^{c}

حروف متفاوت (a,b,c) در هر ردیف اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).

جدول ۴: مقادیر سرطان‌زایی وغیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در عضله ماهیان غالب رودخانه بهمنشیر

گونه ماهی	جیوه		کادمیوم		سرب	
	سرطان‌زایی	غیرسرطان‌زایی	سرطان‌زایی	غیرسرطان‌زایی	سرطان‌زایی	غیرسرطان‌زایی
بیاح	۲/۰۷ e-۵	۳/۱	۲/۱ e-۵	۰/۹۶	۲/۱ e-۵	۰/۵۰۱
شانک زرد باله	۱/۳۹ e--۴	۳/۴۱	۱/۰۱۴ e--۴	۰/۲۴	۱/۰۱۴ e--۴	۰/۰۶۵
شبه شوریده چشم درشت	۶/۲۹ e-۵	۱/۴۱	۱/۰۷ e-۴	۱/۴۳	۱/۰۷ e-۴	۰/۰۷

جدول ۵: مقایسه حد مجاز استانداردهای بین‌المللی فلزات سنگین در عضله ماهیان (میلی‌گرم در کیلوگرم)

فلزات / استانداردها	جیوه	سرب	کادمیوم
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۰/۵	۰/۵	۰/۲
سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)	۱	۵	۱
وزارت شیلات و کشاورزی انگلستان (MAFF)	۰/۳	۲	۰/۰۲
مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)	۱/۵	۱/۵	۰/۰۵
سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)	۰/۵	۰/۵	۰/۵
ماهیان مورد مطالعه (تحقیق حاضر)	۰/۰۷۴-۰/۰۹۵	۰/۱۴۷-۰/۲۰۸	۰/۰۷۵-۰/۰۹۸

بحث

در این تحقیق میزان جیوه در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از ماهی بیاح و شبه شوریده چشم درشت به‌دست آمد. معمولاً میزان جیوه در اعضای داخلی بدن ماهی کمی بیش‌تر از بافت عضله است (عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳؛ Alonso و همکاران، ۲۰۰۴). پایین بودن تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله در نتیجه تطابق فیزیولوژیک ماهی با محیط اطراف هم‌زمان با رشد ماهی است که این امر می‌تواند در حذف یا خنثی‌سازی عناصر سنگین در بافت عضله مؤثر باشد (Majnoni و همکاران، ۲۰۱۳؛ Levengood و همکاران، ۲۰۱۴). در مطالعه‌ای دامنه میزان جیوه در ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) ۰/۵۲۷ـ۰/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Saei-Dehkordi و همکاران، ۲۰۱۰). هم‌چنین میزان جیوه در ماهی شانک زرد باله و صبیتی خور موسی به‌ترتیب ۰/۴۴۵ و ۱/۱۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین گردید (Mortazavi و Sharifian، ۲۰۱۱). میزان این فلز در عضله ماهی بیاح رودخانه بهمنشیر و کارون به‌ترتیب ۰/۰۲۷ و ۰/۰۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۹۰). هم‌چنین میزان جیوه در این گونه در رودخانه کارون و بندر ماهشهر به‌ترتیب ۰/۲۶ و ۲/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (چراغی و همکاران، ۱۳۹۲؛ فتاحی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳)که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. شرایط فیزیکی و شیمیایی آب، خصوصیات اکولوژی و زیست شناسی این ماهی و روش سنجش فلزات سنگین علت تفاوت میزان جیوه در ماهی بیاح در مطالعات مختلف است. میزان سرب در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از ماهی بیاح و شبه شوریده چشم درشت به‌دست آمد. احتمالاً دلیل تجمع این فلز در ماهیان مورد مطالعه این است که این گونه ها غالب رودخانه بهمنشیر هستند و با توجه به ورود فضلاب‌های شهری و روستایی و پساب حاصل از کشاورزی اراضی اطراف این رودخانه میزان سرب در ماهیان بیاح، شانک زرد باله و شبه‌شوریده چشم درشت بالاتر از جیوه و کادمیوم به‌دست آمده است. مهم‌ترین منابع ورود سرب به آب‌های ساحلی و مصب‌ها وجود لنج‌ها و کشتی‌های صیادی و تجاری فراوان و صنایع مختلف می‌باشد (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). میانگین میزان سرب در عضله ماهی بیاح رودخانه بهمنشیر، کارون و دز به‌ترتیب ۰/۹۳، ۰/۹۷۳ و ۰/۹۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۹۰؛ ولایت‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳)و در ماهی شانک‌زرد باله منطقه صیادی ماهشهر ۳/۰۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم (کاظمیان و همکاران، ۱۳۸۸) و بندر بوشهر ۰/۴۴-۰/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم (Hosseinkhezri و Tashkhourian، ۲۰۱۱) گزارش شده‌است. Heath (۱۹۸۷) بیان می‌کند که از لحاظ کمیت و کیفیت بین سه عنصر جیوه، کادمیوم و سرب رابطه سرب>کادمیوم>جیوه برقرار است. میزان کادمیوم در عضله ماهی شانک زرد باله بالاتر از ماهی بیاح و شبه شوریده چشم درشت به‌دست آمد. تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مختلف با توجه به زیستگاه آن‌ها و شرایط بیواکولوژی متفاوت است. فعالیت‌های صنعتی نظیر آبزی‌پروری و صنایع دیگر و ورود پساب‌های شهری و روستایی به آب‌های ساحلی می‌تواند سبب افزایش میزان کادمیوم گردد (Hantoush و همکاران، ۲۰۱۲؛ Derrag و همکاران، ۲۰۱۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر تغییری که در میزان تجمع فلز در بافت‌های ماهی اتفاق می‌افتد می‌تواند از عوامل مختلفی مثل ویژگی خود فلز، بافت اندام هدف، جنسیت، وزن و سن ماهی، عادات غذایی، مدت زمان در معرض فلز بودن، خصوصیات بوم‌شناختی و شرایط محیطی و هم‌چنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محیط‌زیست تاثیرپذیر باشد (اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۹۰؛ عسکری‌ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۳). میانگین میزان کادمیوم در عضله ماهی بیاح رودخانه بهمنشیر، کارون و دز به‌ترتیب ۰/۴۳۴، ۰/۴۹۴ و ۰/۳۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۹۰؛ ولایت‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) و در ماهی شانک زرد باله منطقه صیادی ماهشهر ۱/۷۸ میلی‌گرم در کیلوگرم (کاظمیان و همکاران، ۱۳۸۸) و بندر بوشهر ۰/۱۲-۰/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (Hosseinkhezri و Tashkhourian، ۲۰۱۱) گزارش شده است. در این تحقیق مصرف ماهی توسط مردان و زنان در حاشیه رودخانه بهمنشیر در حد متوسط می‌باشد. بیش‌ترین میزان مصرف در مردان ۰/۸۵ کیلوگرم در روز و در زنان ۰/۴۲ کیلوگرم در روز تخمین زده شد. بر اساس استاندارد EPA مجموع فاکتور سرطان‌زایی اگر در حد فاصل 10^{-4} تا 10^{-6}باشد از نظر سرطان‌زایی خطر بالقوه‌ای برای انسان ایجاد نمی‌کند (Cura و Bernay، ۱۹۹۹).با توجه به این استانداردها و مقادیر محاسبه شده در سه گونه ماهی می‌توان گفت که هر سه گونه نسبت به سرب سرطان‌زایی داشته اما نسبت به جیوه فقط گونه شانک از حد استاندارد خارج بوده است. درخصوص کادمیوم می‌توان گفت که هر سه گونه در محدوده معرفی‌شده بوده و برای مصرف‌انسان از نظر سرطان‌زایی مشکلی ایجاد نمی‌کنند. در مورد میزان فاکتور غیرسرطان‌زایی (HQ) می‌توان گفت که با توجه به استاندارد EPA اگر این فاکتور بزرگ‌تر از ۱ باشد به معنای آن است که ماهی در معرض آلودگی قرار دارد. با توجه به محاسبات انجام شده می‌توان گفت که هیچ‌کدام از سه گونه در معرض خطر آلودگی سرب قرار ندارند. در مورد جیوه با توجه به بالاتر بودن میزان آن نسبت به ۱ در هرسه ماهی می‌توان گفت که هر سه گونه مورد آزمایش در رودخانه بهمنشیر در معرض خطر آلودگی قرار دارند. در مورد فلز کادمیوم نیز ماهی شبه شوریده در معرض آلودگی نسبت به این فلز بوده و دو گونه دیگر فاقد آلودگی

می‌باشند. بالاترین میزان فاکتور غیرسرطان‌زایی مربوط به فلز جیوه در ماهی شانک و پایین‌ترین آن مربوط به فلز سرب در ماهی شبه شوریده می‌باشد. به‌طورکلی با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت که ماهی شبه شوریده‌نسبت به دو ماهی‌بیاح و شانک از خطر ریسک سلامتی بالاتری برای‌مصرف‌کننده‌برخوردارمی‌باشد.شاخص خطر فلزات سنگین جیوه، سرب،کادمیوم و آرسنیک درمورد مصرف ماهی شیربت (*Tor grypus*) برای بزرگسالان به‌ترتیب ۰/۲۵۷، ۰/۲۱۰، ۰/۶۱۲ و ۰/۰۶۱ و برای کودکان ۱/۲۴۱، ۱/۰۱۸، ۲/۹۵۵ و ۰/۲۹۷گزارش شده است. هم‌چنین شاخص خطر فلزات سنگین جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک درمورد مصرف‌سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta*)برای‌بزرگسالان ۰/۲۲۵،۰/۱۸۶، ۰/۵۵۶ و ۰/۰۵۱ و برای کودکان ۱/۰۸، ۰/۸۹۹، ۲/۷۳۳ و ۰/۲۴۷ تعیین شد که شاخص خطر فلزات توسط افراد بالغ کم‌تر از ۱ به‌دست آمد، اما شاخص خطر جیوه، کادمیوم و سرب برای کودکان بالاتر از ۱ محاسبه شد. فقط شاخص خطر آرسنیک در دو گونه ماهی برای بزرگسالان و کودکان کم‌تر ۱ بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مصرف این دو گونه ماهی برای کودکان خطرناک‌تر می‌باشد (رومیانی و همکاران، ۱۳۹۵). 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 (چراغی و همکاران ۱۳۹۱). هم‌چنین غلظت فلزات به‌دست آمده در مقایسه با استانداردهای جهانی در دو گونه اردک ماهی (*Esox lucius*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مقدار سرب (به‌ترتیب ۰/۵۱، ۰/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیش‌تر به‌دست 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 (پناهنده و همکاران ۱۳۹۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که میزان تجمع فلزات سنگین به عوامل متعددی بستگی دارد. یکی از فاکتورهای تاثیرگذار نوع گونه ماهی و شرایط زندگی آن می‌باشد. ماهی بیاح گونه‌ای آب‌شیرین است که در رودخانه زندگی می‌کند اما ماهی شانک زرد باله و شبه شوریده چشم درشت گونه‌های دریازی هستند که به مصب رودخانه بهمنشیر مهاجرت می‌کنند. هم‌چنین این سه گونه ماهی از نظر رژیم‌غذایی نیز با یکدیگر متفاوت هستند که این تفاوت‌ها می‌تواند در تجمع فلزات سنگین در عضله این دو گونه ماهی تاثیر به‌سزایی داشته باشد. فعالیت‌های صنعتی نظیر آبزی‌پروری و صنایع دیگر و ورود پساب‌های شهری و روستایی به آب‌های ساحلی می‌تواند سبب افزایش میزان فلزات سنگین در رودخانه بهمنشیر گردد. هم‌چنین وجود صنایع مختلف و ترکیبات نفتی در سواحل استان خوزستان سبب تجمع معنی‌دار فلزات سنگین در ماهیان می‌شود.

منابع

۱. **اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران. ۷۶۷ صفحه.

۲. **اسماعیلی‌ساری، ع.؛ عبداله‌زاده، ا.؛ جورابیان‌شوشتری، ش. و قاسمپوری، س.م.، ۱۳۹۰.** تعیین حد مجاز مصرف ماهی از نظر ترکیبات جیوه. مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا. جلد ۱، شماره ۲، صفحات ۲۴ تا ۳۱.

۳. **پناهنده، م.؛ منصوری، 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 تالاب. جلد ۵، شماره ۱۶، صفحات ۸۳ تا ۹۰.

۴. **چراغی، م.؛ اسپرغم، ا. و نوریایی، م.ح.، ۱۳۹۱.** ارزیابی ریسک کادمیوم ناشی از مصرف ماهی شیربت (*Barbus grypus*) رودخانه اروند.مجله اکوبیولوژی تالاب. جلد ۴، شماره ۱۳، صفحات ۷۵ تا ۸۲.

۵. **چراغی، م.؛ پورخباز، ح.ر. و جوانمردی، س.، ۱۳۹۲.** تعیین غلظت جیوه در ماهی خوراکی بیاح (*Liza abu*) رودخانه کارون. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. جلد ۲۳، شماره ۱۰۳، صفحات ۱۰۵ تا ۱۱۳.

۶. **رجایی، ق.؛ پورخباز، ع. و حصاری‌مطلق، س.، ۱۳۹۱.** ارزیابی ریسک فلزات‌سنگین منابع آب زیرزمینی دشت علی‌آبادکتول. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. جلد ۴، شماره ۲، صفحات ۱۵۵ تا ۱۶۳.

۷. **رومیانی، ل.؛ ولایت‌زاده، م. و مشایخی، ف.، ۱۳۹۵.**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. مجله زیست‌شناسی تکوینی. جلد ۸، شماره ۴، صفحات ۴۵ تا ۵۸.

۸. **عسکری‌ساری، ا.؛ خدادادی، م.؛ کاظمیان، م.؛ ولایت‌زاده، م. و بهشتی، م.، ۱۳۸۹.** اندازه‌گیری و مقایسه فلزات سنگین (Zn، Mn، Cu، Fe) در ماهی بیاح (*Liza abu*) رودخانه‌های کارون و

بهمنشیر استان خوزستان. مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی. جلد ۵، شماره ۱، صفحات ۶۱ تا ۷۰.

۹. **عسکری‌ساری، ا.؛ ولایت‌زاده، م. و بهشتی، م. و خدادادی، م.، ۱۳۹۰.** میزان تجمع فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت های ماهی بیاح (*Liza abu*) رودخانه های کارون و بهمنشیر استان خوزستان. مجله علمی شیلات ایران. جلد ۲۰، شماره ۲، صفحات ۱۳۱ الی ۱۴۰.

۱۰. **عسکری‌ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۳.** فلزات سنگین در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. چاپ اول. ۳۸۰ صفحه.

۱۱. **کاظمیان، م.؛ عسکری‌ساری، ا. و سنجر، ف.، ۱۳۸۸.** اندازه‌گیری و مقایسه سرب و کادمیوم در دو گونه ماهی شانک زرد باله *Acanthopagrus latus* و زمین‌کن دم‌نواری *Platycephalus indicus* در منطقه صیادی بندر ماهشهر. همایش بین‌المللی خلیج فارس، بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر. ۱۱ صفحه.

۱۲. **کوشافر، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۳.** مقایسه تجمع زیستی فلزات سنگین در عضله دو گونه ماهی بیاح آب شیرین (*Liza abu*) و شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*) رودخانه بهمنشیر در فصل تابستان. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب. جلد ۶، شماره ۲۲، صفحات ۵۹ تا ۷۲.

۱۳. **کوشافر، ا.؛ سواری، ا.؛ سخایی، ن.؛ ارچنگی، ب. و کریمی اورگانی، ف.، ۱۳۹۷.** تعیین سطح آلودگی ناشی از فلزات سنگین در آب و رسوبات رودخانه بهمنشیر. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب. جلد ۱۰، شماره ۳۶، صفحات ۵۳ تا ۶۴.

۱۴. **فتاحی‌پور، س.؛ نبوی، س.م.ب.؛ نیک‌پور، ی. و رجب‌زاده، ا.، ۱۳۹۳.** بررسی تجمع زیستی جیوه کل در بافت خوراکی و غیرخوراکی ماهی بیاح (*Liza persicus*) و ارتباط آن با برخی مشخصات زیست سنجی در محدوده خوریات ماهشهر. دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه، همدان. ۱۴ صفحه.

۱۵. **ولایت‌زاده، م. و نجفی، م.، ۱۳۹۲.** اکولوژی رودخانه‌ها و تالاب‌های استان خوزستان. انتشارات ترقی، چاپ اول، تهران. ۱۸۸ صفحه.

۱۶. **ولایت‌زاده، م.؛ عسکری‌ساری، ا.؛ خدادادی، م.؛ کاظمیان، م. و بهشتی، م.، ۱۳۹۳.** اندازه‌گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت‌های ماهی بیاح (*Liza abu*) رودخانه‌های کارون و دز استان خوزستان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. جلد ۱۶، شماره ۳، صفحات ۵۱ تا ۶۱.

۱۷. **Agah, H.; Leermakers, M.; Elskens, M.; Fatemi, S.M.R. and Baeyens, W., 2009.** Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf, J of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 157, pp: 499-514.

۱۸. **Ahmad, A.K. and Shuhaimi-Othman, M., 2010.** Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. J of Biological Sciences. Vol. 10, No. 2, pp: 93-100.

۱۹. **Alonso, M.L.; Montana, F.P.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernandez, J. and Benedito, J., 2004.** Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. J of BioMetals. Vol. 17, pp: 389-397.

۲۰. **Al-Najare, G.A.; Hantoush, A.A.; Al-Shammary A.C. and Al-Saad, H.T., 2013.** Bioaccumulation of heavy metals in *Acanthopagrus latus* collected from Iraqi marine waters. Iraqi Journal of Aquaculture. Vol. 10, No. 2, pp: 107-122.

۲۱. **Anderson, J.; Levine, A.; Peterson, J.; Paulsen, M.; Seidel, P. and Turnblom, S., 2010.** Human health risk assessment guidance. Oregon department of environmental quality, environmental cleanup program. 10-L8023-10/18.

۲۲. **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. Vol. 35, No. 2, pp: 271-280.

۲۳. **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 toxicity upon mice. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 185, pp: 1137-1150.

۲۴. **Berlin, M., 1985.** Handbook of the Toxicology of Metals. Elsevier Science Publishers, London. Editors 2nd. Vol. 2, pp: 376-405.

۲۵. **Cura, J. and Bernay, W., 1999.** Ecological and Human health risk assessment guidance for aquatic environments, dredging operation and environmental research program. Technical report 4.

۲۶. **Derrag, Z.; Dali, Y. and Mesli, L., 2014.** Seasonal Variations of Heavy Metals in Common Carp (CyprinusCarpio L., 1758) Collected from Sikkak Dam of Tlemcen (Algeria). Journal of Engineering Research and Applications. Vol. 4, No. 1, pp: 1-8.

۲۷. **Hantoush, A.A.; Al-Najare, G.A.; Amteghy, A.H.; Al Saad, H.T. and Abd Ali, K., 2012.** Seasonal variations of some trace elements concentrations in Silver Carp *Hypophthalmichthys molitrix* Consolidated from farms in central Iraq. Marsh Bulletin. Vol. 7, No. 2, pp: 126-136.

۲۸. **Hosseinkhezri, P. and Tashkhourian, J., 2011.** Determination of heavy metals in *Acanthopagrus latus* from the Bushehr seaport (coastal of Persian Gulf), Iran. International Food Research Journal. Vol. 18, pp: 791-794.

۲۹. **Lei, Z.; Qianjiahua, L.; Shinguang, SH.; Nan, Z.; Quishi, S. and Cheng, L., 2015.** Heavy metal pollution, fractionation and potential ecological risks in sediments from lake Chaohu and the sorrunding river. International Journal of environment. Vol. 12, pp: 14115-14131.

۳۰. **Levengood, J.M.; Soucek, D.J.; Sass, G.G.; Dickinson, A. and Epifanio, J.M., 2014.** Elements of concern in fillets of bighead and silver carp from the Illinois River, Illinois. Chemosphere. Vol. 104, pp: 63-68.

۳۱. **Majnoni, F.; Mansouri, B.; Rezaei, M.R. and Hamidian, A.H., 2013.** Metal concentration in tissues of common carp, *Cyprinus carpio* and silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* from the Zarivar Wetland in Weastern Iran. Archives of Polish Fisheries. Vol. 21, pp: 11-18.

۳۲. **Meucci, V.; Laschi, S.; Minunni, M.; Pretti, C.; Intorre, L.; Soldani, G. and Mascini, M., 2009.** An optimized digestion method coupled to electrochemical sensor for the etermination of Cd, Cu, Pb and Hg in fish by square wave anodic stripping voltammetry. Journal of Talanta. Vol. 77, Vol. 3, pp: 1143-1148.

۳۳. **Mortazavi, M.S. and Sharifian, S., 2011.** Mercury Bioaccumulation in Some Commercially Valuable Marine Organisms from Musa Bay, Persian Gulf. International J of Environmental Research. Vol. 5, No. 3, pp: 757-762.

۳۴. **Niazi, A.; Momeni-Isfahani, T. and Ahmari, Z., 2009.** Spectrophotometric determination of mercury in water samples after cloud point extraction using nonionic surfactant triton x-114. J of hazardous materials. Vol. 165, pp: 1200-1203.

۳۵. **Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME). 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait. Vo1. 20.

۳۶. **Saei-Dehkordi, S.S.; Fallah, A.A. and Nematollahi, A., 2010.** Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: influence of season and habitat. Food and Chemical Toxicology. Vol. 48, No. 10, pp: 2945-2950.