

بررسی و مقایسه فلز آرسنیک در عضله و کبد ماهیان پرورشی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)
کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)،
کپور سرگنده (*Aristichthys snobilis*) و قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)
در اهواز و شهر کرد

چکیده

آرسنیک از عناصر سمی می باشد که به دلیل سمیت، سرطان زایی و جهش زایی پایش این عنصر دارای اهمیت فراوان است. این تحقیق در سال ۱۳۸۹ به منظور تعیین غلظت آرسنیک در عضله و کبد پنج گونه کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*) و قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. ۶۰ نمونه ماهی از مجتمع پرورش ماهی آزادگان در اهواز و پرورش ماهی قزل آلا چشمه دیمه در شهر کرد تهیه گردید. سنجش آرسنیک از بافت های مورد مطالعه از روش هضم خشک و روش جذب اتمی مدل Perkin Elmer ۴۱۰۰ صورت پذیرفت. بالاترین میزان آرسنیک در کبد ماهی کپور سرگنده 0.48 ± 0.31 میلی گرم در کیلوگرم وزن تر و پایین ترین میزان این عنصر در عضله ماهی کپور نقره‌ای 0.23 ± 0.177 میلی گرم در کیلوگرم وزن تر بود. غلظت آرسنیک بین عضله و کبد قزل آلی رنگین کمان، کپور سرگنده و کپور علفخوار اختلاف معنی داری داشت ($P > 0.05$)، اما میزان این عنصر در عضله و کبد کپور معمولی و کپور نقره‌ای اختلاف معنی داری نداشت ($P > 0.05$). نتایج این تحقیق نشان داد غلظت آرسنیک در تمام نمونه ها پایین تر از استانداردهای WHO و EPA است.

واژگان کلیدی: ماهیان پرورشی، عضله، کبد، آرسنیک، سمیت.

ابوالفضل عسکری ساری^{۱*}
مریم محمدی^۱

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

* نویسنده مسئول مکاتبات
Askary-sary@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۰
کد مقاله: ۱۳۹۴۰۱۱۱۹

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی می باشد.

مقدمه

آرسنیک جزء عناصر سمی شناخته شده است اما میزان سمیت این عنصر به فرم شیمیایی آن بستگی دارد و دارای سمیت ملایم می باشد (Cornelis et al., 2005; Klonts, 1979)، فلزی است که در طبیعت وجود دارد و یکی از خطرناک ترین آلاینده های زیست محیطی محسوب می گردد (برزگری و همکاران، ۱۳۸۷؛ Jolliffe, 1996). همچنین این عنصر نقشی در فعل و انفعالات زیستی در بدن انسان ندارد (WHO, 2004) و بر روی سیستم قلب و عروق و پوست، سیستم عصبی مرکزی و محیطی، کلیه ها و سیستم خون ساز بدن تأثیر گذار می باشد و سبب سرطان زایی می گردد (US EPA, 1984; US EPA, 2000). آرسنیک و ترکیبات آن در



صنعت، دامداری، کشاورزی و پزشکی کاربرد زیادی دارد و از آن در ساخت شیشه، چوب، حشره کش و علف کش ها، اجزای الکترونیکی و آلیاژها استفاده می کنند. بسیاری از ترکیبات آن در آب محلول هستند، سهم عمده آرسنیک در آب های طبیعی از تخلیه پساب ها و فاضلاب های انسانی می باشد و میزان ورود این فلز به محیط زیست در اثر فرسایش طبیعی بسیار کم است (Voigt, 2006; Buat-Menard et al., 1987). سمیت آرسنیک تابعی از ترکیبات آن می باشد. ترکیبات تری متیل آرسنیک و آرسنوبتاین که از طریق فرآورده های دریایی وارد بدن انسان می شوند، از سمیت بسیار پایینی برخوردار هستند. ترکیبات معدنی و آلی آرسنیک به خوبی جذب شده و به طور عمده در کبد، عضلات، کلیه ها، طحال، پوست و در مقادیر کمتر در مغز، قلب، رجم، تیروئید، پانکراس، ناخن و مو ذخیره می شوند. آرسنیک می تواند از طریق جفت منتقل شود (حمیدی، ۱۳۸۸).

تحقیقات در زمینه فلزات سنگین در بدن ماهیان پرورشی به ویژه در مورد عنصر آرسنیک بسیار محدود است آرسنیک از جمله عناصر سنگین است که هیچ گونه نقشی در متابولیسم موجودات زنده ندارد و به عنوان یک عنصر سمی در بدن موجودات زنده عمل می نماید. کپور نقره ای، کپور معمولی، کپور علفخوار، کپور سر گنده و قزل آلی رنگین کمان پنج گونه مهم پرورشی آبزیان در ایران می باشند که روی میزان غلظت آرسنیک آن ها تحقیقی صورت نگرفته است و روی سایر عناصر سنگین نیز تحقیقات بسیار محدودی انجام شده است. امینی رنجبر و علیزاده (۱۳۷۸) میزان سرب، کادمیوم، مس، روی و کروم را در سه گونه پرورشی کپور ماهیان تعیین کردند (امینی رنجبر و علیزاده، ۱۳۸۷). محمد نژاد و همکاران (۱۳۸۳) میزان سمیت کادمیوم، سرب و روی را در بچه ماهی شیب (*Acipenser nudiiventris*) مشخص کردند (محمد نژاد و همکاران، ۱۳۸۳). عسکری و همکاران (۱۳۸۶) میزان سمیت کادمیوم، سرب، نیکل و کروم را در ماهیان پرورشی شهر خرم آباد بررسی نمودند (عسکری و همکاران، ۱۳۸۶). عسکری ساری و ولایت زاده (۱۳۹۰) میزان سرب و روی را در دو گونه کپور معمولی و قزل آلی رنگین کمان مطالعه نمودند (عسکری ساری و ولایت زاده)؛ اما در مورد آلودگی عنصر آرسنیک در اندام های ماهیان تحقیقات محدودی انجام شده است. Agah و همکاران (۲۰۰۹) میزان عنصر آرسنیک را در پنج گونه ماهی خلیج فارس در شش منطقه ایران مطالعه نمودند (Agah et al., 2009). ندافی و همکاران (۱۳۸۵) میزان سمیت آرسنیک در آب را به کمک ماهی قزل آلی رنگین کمان به عنوان یک اندیکاتور زیستی مطالعه نمودند (ندافی و همکاران، ۱۳۸۵). حمیدی (۱۳۸۸) میزان عنصر آرسنیک را در پنج گونه ماهی بومی شیربت، شلج، بنی، گتان و حمری تالاب هورالعظیم را تعیین نمود که میزان آرسنیک در تمامی نمونه ها پایین تر از استانداردهای بین المللی بود (حمیدی، ۱۳۸۸).

میزان پرورش آبزیان در جهان در سال ۲۰۱۱، ۶۲۷۰۰۳۰۰ تن بوده است (FAO, 2013) و میزان تولید آبزیان پرورشی در ایران در سال ۱۳۹۱، ۳۳۸۸۷۷ تن بوده که از این میزان ۱۵۴۵۶۵ تن مربوط به ماهیان گرمابی بوده که میزان آن در استان خوزستان ۴۰۵۳۷ تن بوده که رتبه ی سوم را در کشور دارد (سالنامه ی شیلات ایران، ۱۳۹۲). ماهی کپور معمولی در آب های گرم بیشتر کشورهای دنیا پرورش داده می شود. این ماهی همه چیز خوار و به طور کلی کف زی خوار است (هدایت، ۱۳۷۸). میزان پرورش این ماهی در سال ۲۰۱۱، ۳۷۳۳۴۱۸ تن بوده و سومین گونه ی مهم پرورشی آبزیان از نظر تولید می باشد (FAO, 2013). ماهی آمور یا کپور علفخوار خاصیت سازگاری و رشد مطلوبی داشته و غیربومی آب های ایران است (عسگری، ۱۳۸۴) این ماهی به طور کامل علفخوار می باشد (فرید پاک، ۱۳۸۶) میزان پرورش این گونه در سال ۲۰۱۱، ۴۵۷۴۶۷۳ تن بوده و دومین گونه ی مهم پرورشی می باشد (FAO, 2013). بیگ هد یا کپور سر گنده یکی از گونه های مهم کپور ماهیان است. میزان پرورش این ماهی در سال ۲۰۱۱، ۲۷۰۵۴۳۶ تن بوده و هفتمین گونه ی پرورشی جهان محسوب می شود (FAO, 2013). ماهی فیتوفاگ به دلیل قابلیت سازگاری با محیط، رشد سریع، رژیم غذایی مناسب در سراسر جهان معرفی شده است (هدایت، ۱۳۷۸) میزان پرورش این گونه در سال ۲۰۱۱، ۵۳۴۹۵۸۸ تن بوده و در حال حاضر اولین گونه ی پرورشی جهان می باشد (FAO, 2011). ماهی قزل آلی رنگین کمان مهم ترین گونه سرد آبی پرورشی در ایران می باشد که میزان پرورش آن در سال ۱۳۹۱ برابر با ۱۳۱ هزار تن بوده است که بالاترین میزان پرورش تک گونه ای در کشور را دارد (سالنامه ی شیلات ایران، ۱۳۹۲).

با توجه به اینکه ماهیان پرورشی در ایران بخشی از رژیم غذایی مردم را تشکیل می دهند، همچنین آرسنیک از عناصر سمی و سرطان زا در بدن انسان می باشد، هدف از انجام این تحقیق بررسی و مقایسه میزان آرسنیک در عضله خوراکی پنج گونه ماهی پرورشی کپور نقره ای، کپور معمولی، کپور علفخوار، کپور سر گنده و قزل آلی رنگین کمان بود.

در این بررسی ۶۰ نمونه ماهی کپور نقره‌ای، کپور معمولی، کپور علفخوار، کپور سر گنده از مجتمع پرورش ماهی آزادگان در اهواز و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از پرورش ماهی قزل‌آلا چشمه دیمه در شهر کرد تهیه گردید. از هرگونه ماهی پرورشی ۱۲ عدد به صورت تصادفی از استخرهای پرورشی تهیه شد. ماهیان نمونه برداری شده به‌وسیله جعبه یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند و در آزمایشگاه زیست‌سنجی ماهیان مورد مطالعه انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱: زیست‌سنجی ماهیان پرورشی مورد مطالعه (انحراف معیار \pm میانگین).

گونه ماهی	طول کل (سانتیمتر)	طول استاندارد (سانتیمتر)	وزن (گرم)
کپور معمولی	۳۲/۸۸ \pm ۱/۷۸	۲۷/۵۰ \pm ۱/۹۶	۷۳۸/۱۲ \pm ۲۶/۳۹
کپور سر گنده	۴۷/۸۳ \pm ۱/۲۵	۴۲/۵۰ \pm ۱/۳۲	۸۱۶ \pm ۳۲/۱۸
کپور نقره‌ای	۵۳/۳۸ \pm ۲/۵۱	۴۶/۱۶ \pm ۱/۰۴	۱۱۱۳/۱۷ \pm ۶۳/۵۱
کپور علفخوار	۳۸/۸۳ \pm ۱/۶۳	۳۴/۵۸ \pm ۱/۱۷	۶۲۶/۶۱ \pm ۲۵/۶۲
قزل‌آلای رنگین‌کمان	۳۱/۶۷ \pm ۱/۵۲	۲۸ \pm ۱/۵۰	۴۹۸/۵۸ \pm ۱۸/۹۲

سیس بافت کبد از محوطه شکمی و عضله پشتی از استخوان‌های ۱۲ نمونه ماهی جدا گردید. سیس تمامی نمونه‌های عضله و کبد 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 شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شده است که ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه شد 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 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 به‌طور کامل محو شد، مخلوط سرد شده و درحالی‌که 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 به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و به حجم رسانده شد (Harkabusova et al., 2009). سنجش آرسنیک به روش جذب اتمی با کمک دستگاه Perkin Elmer ۴۱۰۰ ساخت کشور انگلستان با سیستم کوره انجام شد. سنجش آرسنیک توسط دستگاه در دامنه قسمت در میلیون بود و دارای حساسیت ۰/۰۱ می‌باشد. جهت اندازه‌گیری عنصر مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها بهم زده شدند تا عناصر به‌صورت 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 دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم منبع تولید اشعه کاتدی دستگاه و دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab۳۲ رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010; Olowu et al., 2010).

در این بررسی تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS-17 انجام شد و میانگین داده‌ها به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) یا یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ تعیین گردید. همچنین در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel2003 استفاده گردید.

نتایج

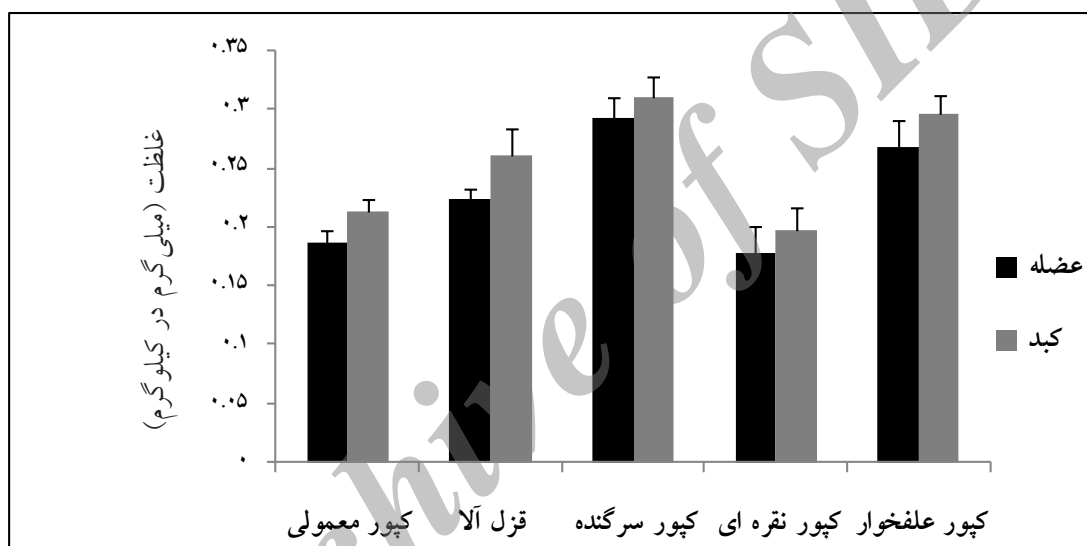
در این تحقیق غلظت آرسنیک بین عضله و کبد قزل‌آلای رنگین‌کمان، کپور معمولی، کپور نقره‌ای، کپور سر گنده و کپور علفخوار اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) بالاترین میزان آرسنیک در کبد ماهی کپور سر گنده $0/48 \pm 0/31$ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر و پایین‌ترین میزان این عنصر در عضله ماهی کپور نقره‌ای $0/23 \pm 0/177$

میلی گرم در کیلوگرم وزن تر بود (جدول ۱). میزان تجمع آرسنیک در عضله پنج گونه ماهی پرورشی در این تحقیق پایین تر از کبد بود (شکل ۱).

جدول ۲: غلظت آرسنیک در کبد و عضله کپور معمولی، کپور سر گنده، کپور نقره ای، کپور علفخوار و قزل آلی رنگین کمان (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر).

گونه ماهی	نام علمی	عضله	کبد
کپور معمولی	<i>Cyprinus carpio</i>	۰/۱۸۶±۰/۰۱۱ ^{Ab}	۰/۲۱۲±۰/۰۱۳ ^{Aa}
کپور سر گنده	<i>Aristichthys nobilis</i>	۰/۲۹۲±۰/۰۱۸ ^{Bb}	۰/۳۱۰±۰/۰۱۸ ^{Ba}
کپور نقره ای	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	۰/۱۷۷±۰/۰۲۳ ^{Cb}	۰/۱۹۷±۰/۰۱۹ ^{Ca}
کپور علفخوار	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	۰/۲۶۸±۰/۰۲۳ ^{Db}	۰/۲۹۶±۰/۰۱۵ ^{Da}
قزل آلی رنگین کمان	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	۰/۲۲۳±۰/۰۰۹ ^{Eb}	۰/۲۶۰±۰/۰۲۳ ^{Ea}

حروف بزرگ مقایسه ستون، حروف کوچک مقایسه سطر، غیرهمنام تفاوت معنی دار ($P < 0.05$)



شکل ۱: مقایسه غلظت آرسنیک در کبد و عضله کپور معمولی، کپور سر گنده، کپور نقره ای، کپور علفخوار و قزل آلی رنگین کمان (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر).

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق میزان آرسنیک بین کبد و عضله ماهیان مورد مطالعه اختلاف معنی داری داشت ($P > 0.05$). میزان این عنصر در کبد ماهیان پرورشی کپور نقره ای، کپور معمولی، کپور علفخوار، کپور سر گنده و قزل آلی رنگین کمان بالاتر از عضله بود ($P > 0.05$). به طور کلی آبشش‌ها، کلیه و کبد عمده ترین راه‌های جذب این فلزات به بدن ماهیان می باشند (Newman and Unger, ۲۰۰۳) و عضله دارای پایین ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می باشد (Al-Yousuf, 2000). همچنین پایین بودن تجمع فلزات سنگین در عضله ممکن است به دلیل پایین بودن میزان پروتئین‌های باند شونده با فلزات سنگین باشد (Allen-Gill and Martynov, 1995) به نظر می‌رسد، عضله به‌عنوان محل اصلی تجمع فلزات سنگین قلمداد نمی‌شود (Romeo et al., 1999). در تحقیقات متعدد میزان

جهانی بود ماهیان مورد مطالعه جهت مصرف انسانی از نظر آرسنیک مشکلی ایجاد نمی کنند، اما پیشنهاد می گردد در زمینه تجمع میزان آرسنیک در عضله و کبد گونه های دیگر خوراکی در آب های داخلی و خلیج فارس و دریای خزر نیز مطالعات جامع و گسترده تری انجام گردد.

سیاسگزاری

از حوزه معاونت محترم پژوهشی واحد اهواز که حمایت مالی این پروژه در قالب طرح پژوهشی را بر عهده داشته تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- امینی رنجبر، غ. و عزیزاده، م.، ۱۳۷۸. اندازه گیری مقادیر فلزات سنگین (Cr, Zn, Cd, Cu, Pb) در سه گونه از کپور ماهیان پرورشی. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۴۰، ۴۱ و ۴۲، صفحات ۱۴۹-۱۴۶.
- برزگری، ف.، وحدتی، ا. و افروز تاجی، ۱۳۸۷. اثر آرسنیک بر سلول های خونی موش صحرایی (رات). مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۱، شماره ۴، صفحات ۶۱۷-۶۱۱.
- حمیدی، ز.، ۱۳۸۸. اندازه گیری و مقایسه غلظت جیوه، آرسنیک، کادمیوم، سرب، کبالت، وانادیوم، کل مواد نفتی و سموم ارگانوکلره در عضله برخی ماهیان تالاب هورالعظیم. پایان نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی شیلات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان. صفحات ۱۰-۱۹.
- سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۸۹. سالنامه آماری شیلات ایران ۱۳۸۸-۱۳۷۹. انتشارات سازمان شیلات ایران. تهران، ایران. صفحات ۱-۳۵.
- سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۲. سالنامه آماری شیلات ایران ۱۳۸۸-۱۳۷۹. انتشارات سازمان شیلات ایران. تهران، ایران. صفحات ۱۱-۴۵.
- عسکری، ر.، ۱۳۸۴. مروری بر ماهی شناسی سیستماتیک، تهران: انتشارات نقش مهر، چاپ اول. صفحات ۱۵۸-۲۶.
- عسکری، ق.، اشرفی، د. و غلامپور، ا.، ۱۳۸۶. بررسی مقدار فلزات سنگین کادمیوم، سرب، کروم و نیکل در ماهیان پرورشی شهرستان خرم آباد. دهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران. صفحات ۳۲-۲۰.
- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۰. بررسی غلظت سرب و روی در بافت های کبد و عضله دو گونه ماهی پرورشی کپور معمولی و قزل آلاب رنگین کمان. مجله دامپزشکی ایران، دوره هفتم، شماره ۱، صفحات ۳۵-۳۰.
- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. چاپ اول. ۱۳۰-۸۰ ص.
- فرید پاک، ف.، ۱۳۸۶. دستورالعمل اجرایی تکثیر مصنوعی و پرورش ماهیان گرمابی، تهران: انتشارات علمی آبزیان، چاپ سوم. صفحات ۲۰۸-۱۴۱.
- محمد نژاد شموشکی، م.، نظامی، ش.، اسماعیلی ساری، ع.، خارا، ح. و پژند، ذ.، ۱۳۸۳. تعیین غلظت کشنده (LC_{۹۶h}) فلزات سنگین کادمیوم، روی و سرب بر بچه ماهی شیب (*Acipenser nudiventris*). مجله علوم دریایی ایران، دوره ۳، شماره ۴، صفحات ۵۳-۴۵.
- هدایت، م.، ۱۳۷۸. پرورش ماهی ۱، تهران: انتشارات شقایق روستا، چاپ اول. صفحات ۶۲-۲۲.

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. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 157: 499-514.

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.

Allen-Gill, S. M. and Martynov, V. G., 1995. Heavy metals burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, Northern Russia. *Sciences Total Environment*, 160-161: 653-659.

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. *Journal of Scientific Total Environment*, 256: 87-94.

ANZFA (Australia New Zealand Food Authority), 1998. Food Standards Code. Standard A12, 389 Issue 37.

Buat-Menard, P., Peterson, P. J., Havas, M., Steinnes, H. M. and Turner, G. R., 1987. Arsenic. In: Hutchinson, T.C., Meena, K.M. (Eds.), *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*. John Wiley, New York, 43-48.

- Canli, M. and 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2013.** Yearbook annuaire anuario. Fishery and Aquaculture Statistics. Roma, 10-214.
- Harkabusova, V., Macharackova, B. O. Celechovska, O. and Vitoulova, E., 2009.** Determination of Arsenic in the Rainbow Trout Muscle and Rice Samples. *Czech Journal Food Sciences*, 27: 404-406.
- Ikem, A. and Egiebor, N. O., 2005.** Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *Journal of Food Composition Analytic*, 18: 771-787.
- Jolliffe, D. M., 1996.** A history of the use of arsenicals. *Journal Royal. Soc. Med.*, 86: 287-289.
- Kalay, G. and Bevis, M. J., 2003.** Structure and physical property relationships in processed polybutene. *Journal of Applied Polymer Science*, 88: 814-824.
- Klonts, Z. G., 1979.** Fish health management (Vol 2) University of Idaho, Moscow. Idaho, USA. 142 pp.
- Linde, A. R., Sanchez-Galan, S., Izquierdo, J.I., Arribas, P., Maranon, E., Garcy, A. and Vazquez, E., 1998.** Brown Trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment. *Ecotoxicol Environment*, 40: 120–125.
- Mormedo, S. and Davies, I. M., 2001.** Heavy metal concentration in commercial deep-sea fish from the Rockall Trough. *Continental Shelf Research*, 21: 899-916.
- Munoz, O., Devesa, V., Suner, M. A., Velez, D., Montoro, R., Urieta, I., Macho, M. L. and Jalon, M., 2000.** Total and inorganic arsenic in fresh and processed fish products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4369-4376.
- Newman, M. C. and Unger, M. A., 2003.** Fundamentals of ecotoxicology. CRC Press, 458 p.
- 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(1): 215-221.
- Okoye, B. C. O., 1991.** Heavy metals and organisms in the Lagos Lagoon. *International Journal of Environmental Studies*, 37: 285-292.
- Pedlar, R. M., Ptashynski M. D., Evans R. E. Klaverkamp J. F., 2002.** Toxicological effects of dietary arsenic exposure in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Aquatic Toxicology*, 57: 167–189.
- Reyment, G. E., 1990.** Australian and some international food standards for heavy metals. Torry Strait baseline study conference, 155-164.
- Romeo, M., Siaub, Y., Sidoumou, Z. and Gnassia-Barelli, M., 1999.** Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *Sciences Total Environment*, 232: 169–75.
- Shah, A. Q., Kazi, T. G., Muhammad Balal Arain, M. B., Jamali, M. K., Afridi, H. I., Jalbani, N., Baig, J. A. and Kandhro, Gh. A., 2009.** Accumulation of arsenic in different fresh water fish species – potential contribution to high arsenic intakes. *Food Chemistry*, 112: 520–524
- 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.
- US EPA., 1984.** Ambient water quality criteria for arsenic, Report No. 20450, Washington DC.
- US EPA., 2000.** Arsenic occurrence in public drinking water supplies, EPA-815-R-00-023, Washington DC.
- Voigt, H. R., 2006.** Heavy metal concentrations in four-horn sculpin *Trigloporus quadricornis* (L.) (Pisces), its main food organism *Saduria entomon* L. (Crustacea), and in bottom sediments in the Archipelago Sea and

the Gulf of Finland (Baltic Sea). Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol., 56 (3): 224-238.

Watanabe, K. H., Desimone, F. W., Thiyagarajah, A., Hartley, W. R. and Hindrichs, A. E., 2003. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. Science Total Environment, 302 (1-3): 109-126.

WHO., 2004. Guidelines for drinking water quality. Geneva, pp. 1-22.

Archive of SID