پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۹، شماره ۱۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، از صفحه ۱۵۷ تا ۱۷۰

فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و روی در عضله و کبد اردک ماهی (Esox lucius) مصب رودخانه‌های استان مازندران و گیلان

اعظم محمدصالحی*[۱]، محمد ولایت زاده[۲]

۱. دانشجوی دکترا تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد ایمنی صنعتی، موسسه آموزش عالی کاسپین، قزوین، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۸؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۷/۰۹)

چکیده

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ با هدف تعیین و مقایسه میزان فلزات سنگین کادمیوم، روی و نیکل در عضله و کبد اردک ماهی (Esox lucius) در مصب برخی رودخانه‌های استان مازندران و گیلان انجام شد. ۶۰ نمونه اردک ماهی از ۱۰ مصب رودخانه‌های جنوبی دریای خزر تهیه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS17 انجام شد و میانگین تیمارها به کمک آنالیز واریانس T-test با یکدیگر مقایسه شدند. بالاترین میزان نیکل، کادمیوم و روی در کبد اردک ماهی به ترتیب ۰/۱۸±۲/۷۳، ۰/۱۴±۱/۷۰ و ۰/۱۸±۱۱۷/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پایین‌ترین میزان این فلزات در عضله این ماهی ۰/۰۱±۰/۱۰، ۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۴ و ۰/۱۶±۱۶/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد ($P<0.05$). میزان نیکل، کادمیوم و روی در کبد اردک ماهی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بالاتر از عضله بود ($P<0.05$). در این تحقیق میزان نیکل در عضله اردک ماهیان مصب رودخانه سفید رود و پلرود بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود، اما میزان کادمیوم و روی در عضله اردک ماهیان ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و دارو آمریکا پایین‌تر به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده میزان نیکل در عضله برخی نمونه‌های اردک ماهی مخاطره آمیز است. همچنین تجمع زیستی مقادیر بالای فلزات سنگین نیکل، کادمیوم و روی در کبد اردک ماهیان ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه، آلودگی اکوسیستم‌های آبی سواحل جنوبی دریای خزر در استان‌های گیلان و مازندران را نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: فلزات سنگین، عضله، کبد، اردک ماهی، دریای خزر

* نویسنده مسئول

Email: a.mohamadsalehi1358@gmail.com

سرآغاز

دریای خزر که به علت پهناوری و وسعت، دریا نامیده می‌شود، آبگیر بسته‌ای در نیمکره شمالی کره زمین در امتداد شمالی جنوبی و حول مدار نصف‌النهار شرقی ۵۰ درجه، بالاترین نقطه آن در عرض جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و پایین‌ترین نقطه آن در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی واقع شده است. دریای خزر بزرگترین پیکره آب‌های داخلی جهان محسوب می‌شود که در حال حاضر دارای سطحی حدود ۲۷ متر پایین‌تر از دریای آزاد است. مساحت آن ۴۳۶۰۰۰ کیلومتر مربع و طول آن بین ۱۰۳۰ تا ۱۲۰۰ کیلومتر و عرض آن بین ۲۰۸ تا ۴۸۰ کیلومتر، متوسط مساحت ۳۴۴ کیلومتر است (Bazrafshan, 1995).

با توجه به این که دریای خزر، یکی از مهم‌ترین مناطق ذخایر نفت و گاز است، وجود این ذخایر عظیم موجب توسعه فعالیت‌های مربوط به نفت و گاز مانند اکتشافات حفاری، استخراج، پالایش خطوط، انتقال نفت در بستر دریا، بارگیری و حمل و نقل در مناطق ساحلی سبب شده است که در شرایط کنونی همواره به طرق مختلف موجب افزایش بار آلودگی منابع این محیط‌زیست دریایی شده باشد. از سوی دیگر عواملی همچون ورود مواد شیمیایی مانند سموم کشاورزی و فلزات سنگین، فاضلاب‌های شهری و صنعتی، پساب‌های انتقال یافته از طریق رودخانه‌های منتهی به منطقه این اکوسیستم آبی را به یکی از آلوده‌ترین نقاط تبدیل کرده است (Taheri Azad et al., 2008; Monsefrad et al., 2012).

اردک ماهی[۱] جزء ماهیان بومی ایران از خانواده اردک ماهیان[۲] و از گونه‌های حوزه آبریز جنوب دریای خزر است (Jamalzadeh Fallah et al., 2014) که به دلیل شباهت دهان این ماهی به اردک به Pike fish معروف شده است (Khara et al., 2004). این ماهی گوشت بسیار لذیذ دارد و یک ماهی استخوانی است که با خصوصیاتی مثل بدن بلند و باریک و پوزه اردکی شکل مسطح که دارای دندان‌های زیادی است از دیگر ماهیان متمایز می‌شود (Khara et al., 2007; Abdoli & Naderi, 2008).

فلزات سنگین گروهی از آلاینده‌های خطرناک هستند که خطر بالقوه برای سلامتی اکوسیستم‌ها و موجودات زنده محسوب می‌شوند. در این میان ماهیان گروهی از آبزیان هستند که با افزایش آلاینده‌ها در محیط‌زیست آبی، آن‌ها را از مسیرهای مختلف بدن جذب نموده و در اندام‌های عضله، کبد، کلیه، پوست و استخوان تجمع می‌یابند (Esmaeili Sari et al., 2007). عناصر سمی مانند جیوه، آرسنیک، کادمیوم، سرب و نیکل از مهم‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست به حساب می‌آیند که در بدن انسان اثرات سمی دارند و سبب انواع بیماری‌ها می‌شوند (Miloskovic & Simic, 2015). برخی فلزات سنگین مانند مس، روی، آهن و منگنز برای بدن انسان ضروری هستند، اما چنان چه مقادیر آن‌ها بیش از حد شود، سمیت آن‌ها بیشتر شده و مشکلاتی را ایجاد می‌کنند (Velayatzadeh et al., 2014; Qin et al., 2015).

کادمیوم نیز جزء فلزات سمی است که اثرات سمیت کادمیوم در بدن انسان نیز سبب شده است که در سال‌های اخیر محققین در کشورهای مختلف، مطالعه‌های بسیاری را در مورد این عنصر انجام دهند (Amini Ranjbar & Sotoudehnia, 2005; Dadolahi Sohrab et al., 2008; Askary Sary et al., 2012). این عنصر در صنعت به عنوان ماده ضد اصطکاک، کاتالیزگر، ضد زنگ و یا در ترکیب آلیاژها به کار می‌رود. کادمیوم همچنین در نیمه هادی‌های محافظ میله در راکتورهای هسته‌ای، آب‌کاری فلزات، سرامیک‌سازی، کارخانجات پی‌وی‌سی و صنایع پلاستیک‌سازی، تولید باتری‌ها، ترکیبات قارچ‌کش، روغن موتور، لاستیک‌سازی و عکاسی کاربرد دارد (Allen-Gill & Martynov, 1995; Tuzen, 2009).

نیکل جز فلزات سنگینی است که می‌تواند تاثیرات جبران‌ناپذیری بر موجودات زنده داشته باشد (Jalali Jafari & Aghazadeh Mesghi, 2007). بخش اعظم ترکیبات نیکل در طبیعت جذب ذرات خاک و رسوبات شده و در نهایت به صورت غیرمتحرک در می‌آیند. وجود نیکل در آب‌های سطحی سبب کاهش رشد جلبک‌ها می‌شود (Nwani et al., 2010). آلودگی نیکل در اکوسیستم‌های آبی معمولا ناشی از تردد کشتی‌ها، قایق‌ها، نفت‌کش‌ها و نفت خام است (Coulibaly et al., 2012). این فلز در صنایع فلزکاری، آب فلزکاری با نیکل، تولید فولاد و آلیاژها، تولید رنگدانه‌ها، در لعاب سرامیک، مواد آرایشی، باتری، اتصالات برقی قسمتی از ماشین آلات، تولید بنزین و کاتالیزور استفاده می‌شود (El-Safy & Al-Ghannam, 1996).

روی در فرآیندهای زیستی نقش مهمی دارد و از جمله عناصر ضروری است که در واکنش‌های زیستی فعالیت می‌کند (Esmaili Sari, 2002). این عنصر در مقادیر اندک برای ماهی ضروری است و به عنوان کاتالیزور در ساختار اکثر آنزیم‌های فعال در سوخت و ساز انرژی فعالانه نقش دارد (Askary Sary & Velayatzadeh, 2014). فلز روی بعد از فولاد، آلومینیوم و مس پرمصرف‌ترین فلز صنعتی تلقی می‌شود و به عنوان محافظ فولاد در صنعت آب‌کاری، به صورت فلز آلیاژکننده با مس برای تولید برنج، در ریخته‌گری‌ها و همچنین به صورت ترکیبات شیمیایی در پارچه‌سازی، باتری‌سازی، لاستیک‌سازی، رنگ‌سازی، صنایع آرایشی، صنایع کودسازی و پزشکی به کار می‌رود. علاوه بر این تاثیر باران‌های اسیدی بر مواد ساختمانی حاوی روی، منابع عمده ورود این عنصر به محیط‌زیست هستند (Akbarpour & Nasri, 2006).

با توجه به این که عضله ماهی نقش مهمی در تغذیه انسان‌ها دارد و اطمینان از سلامت آن برای مصرف در بدن انسان‌ها ضروری است، همچنین فلزات سنگین سبب بروز مسمومیت‌های حاد و مزمن می‌شوند، به همین علت عضله به عنوان بافت هدف انتخاب شد. کبد ماهیان، اندامی است که سموم مختلف مانند فلزات سنگین در آن تجمع می‌یابند. بنابراین، با توجه به مطالب ذکر شده، این تحقیق با هدف تعیین و مقایسه میزان فلزات سنگین کادمیوم، روی و نیکل در عضله و کبد اردک ماهی در مصب برخی رودخانه‌های استان مازندران و گیلان انجام شد.

مواد و روش‌ها

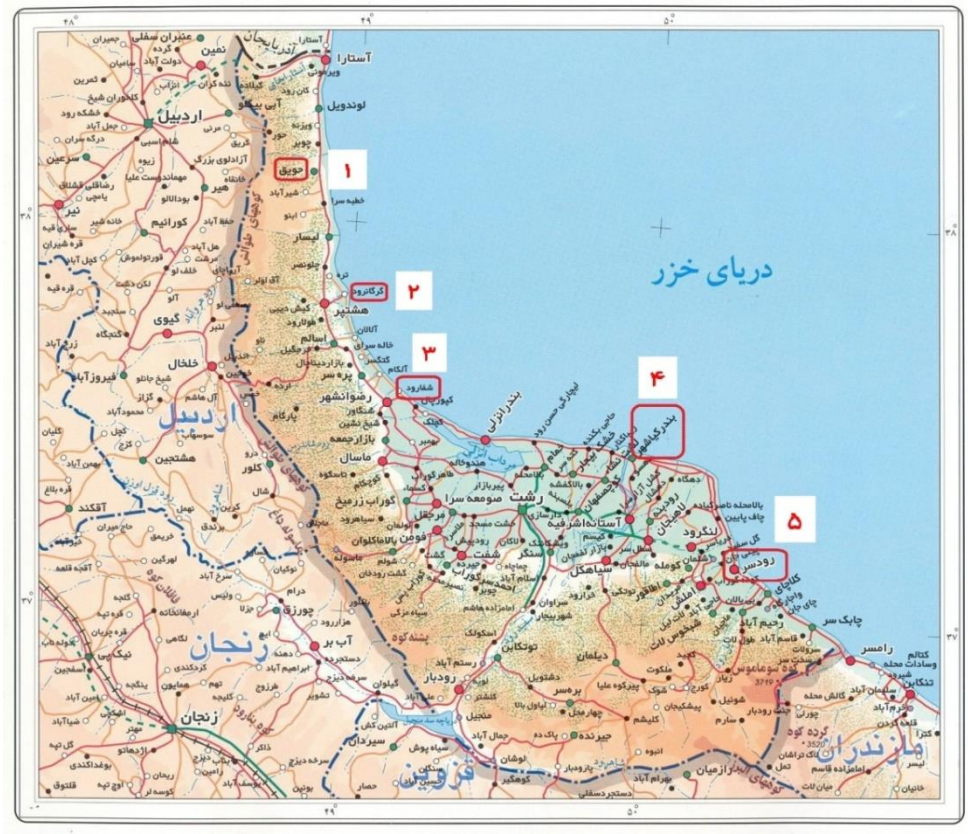
منطقه موردمطالعه

در این تحقیق ۱۰ ایستگاه در مصب رودخانه‌های استان گیلان و مازندران در سواحل دریای خزر انتخاب شدند. محل نمونه‌برداری ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است. آب رودخانه‌های حویق در ۴۰ کیلومتری جاده تالش ـ آستارا (Abbasi, 2005)، کرگانرود در سواحل شهر هشتپر در ۱۳ کیلومتری شهر تالش (Sheikh Goodarzi et al., 2012) و شفارود در ۳۵ کیلومتری جاده انزلی- آستارا در غرب استان گیلان در مسیر عبور از کوه‌های تالش در شهرستان رضوان‌شهر (Haghighi et al., 2008) وارد دریای خزر شده است. رودخانه سفیدرود پس از اتصال دو شاخه قزل‌اوزن و شاهرود در محل منجیل به وجود آمده و یکی از مهمترین شریان‌های حیاتی استان و جلگه مرکزی گیلان است و در کیاشهر به دریای خزر وارد می‌شود (Mirmoshtaghi et al., 2011). رودخانه پلرود در شرقی‌ترین ناحیه استان گیلان قرار دارد. رودخانه پلرود پس از سفیدرود پرآب‌ترین رود گیلان است و از دو شاخه اصلی تشکیل شده است (Sharifi et al., 2016) (شکل ۱).

رودخانه شیرود در غرب شهر تنکابن به طول ۳۶ کیلومتر (Safari & Yaghobzadeh, 2012) و رودخانه خیرود پس از به هم پیوستن چند آبراهه و گذراندن مسافت ۱۰ کیلومتر در شهرستان نوشهر به دریای خرز وارده شده است (Shahbazi Naserabad et al., 2014). رودخانه سرخرود در واقع ادامه رودخانه هراز در پایین دست شهر آمل است. بابلرود حدود ۷۸ کیلومتر طول دارد و پس از عبور از جنگل‌ها و شالیزارهای غرب بابل، در بابلسر به دریای خزر ریخته می شود. رودخانه تجن به طول ۱۴۰ کیلومتر از شرق شهر ساری گذشته و مصب آن در محلی به نام فرح‌آباد قرار دارد (Mashinchian et al., 2012) (شکل ۲).

جدول (۱): ایستگاه‌های نمونه برداری اردک ماهی (Esox lucius) سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران و گیلان)

ایستگاه	استان	شهر	محل نمونه برداری
۱	گیلان	تالش ـ آستارا	مصب رودخانه حویق
۲	گیلان	تالش	مصب کرگانرود
۳	گیلان	رضوانشهر	مصب شفارود
۴	گیلان	کیاشهر	مصب سفید رود
۵	گیلان	رودسر	مصب پلرود
۶	مازندران	تنکابن	مصب شیرود
۷	مازندران	نوشهر	مصب خیررودکنار
۸	مازندران	آمل	مصب سرخرود
۹	مازندران	بابلسر	مصب بابل رود
۱۰	مازندران	ساری (فرح‌آباد)	مصب رودخانه تجن



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه برداری در استان گیلان

شکل (۲): موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه برداری در استان مازندران

نمونه‌برداری

در فصل بهار سال ۱۳۹۴ از هر ایستگاه ۶ عدد اردک ماهی صید و در مجموع ۶۰ نمونه از این گونه نمونه‌برداری شد. ماهیان به وسیله جعبه‌های یونولیتی حاوی پودر یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشگاه زیست‌سنجی نمونه‌ها شامل طول و وزن انجام شد و سپس بافت عضله و کبد نمونه‌ها جدا شد. وزن ماهیان به وسیله دستگاه ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول آن‌ها با خط‌کش زیست‌سنجی با دقت ۰/۰۱ سانتی‌متر

اندازه‌گیری شد (ROPME, 1999).

هضم شیمیایی نمونه‌ها

نمونه‌های به‌دست 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 میلی لیتر 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 به طور 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 کاملا شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده شد و به حجم رسانده شد (Eboh et al., 2006).

سنجش فلزات سنگین

اندازه‌گیری فلزات سنگین مورد مطالعه به روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. برای اندازه‌گیری فلزات سنگین 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 دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر موردنظر 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 WinLab32 رسم و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری شد (Ahmad & Shuhaimi-Othman, 2010). صحت داده‌های به دست آمده با استفاده از روش افزودن استاندارد[۳] بررسی شد. در این روش ابتدا ماده مجهول آنالیز شد، سپس به چند ظرف که حاوی مقدار یکسانی از نمونه است، حجم‌های مشخصی از استاندارد اضافه شد و کروماتوگرام مربوط به هر مرحله را آنالیز و ارتفاع یا سطح زیر پیک نمونه‌ها را بر اساس حجم استاندارد اضافه شده ترسیم و در نهایت با استفاده از روابط موجود غلظت نمونه محاسبه شد. استفاده از این روش سبب حفظ بافت نمونه‌ها شده و در نتیجه احتمال مزاحمت بافت[۴] نمونه کاهش یافت (Rouessac & Rouessac, 2007). در این پژوهش برای محاسبه منحنی کالبراسیون از استاندارد مرجع[۵] استفاده شد. برای این کار ابتدا غلظت‌های مختلف استاندارد فلزات سنگین ساخته شد و پس از تزریق به دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون عناصر رسم شد. پس از آن نمونه‌های آماده شده به دستگاه تزریق شد و غلظت موردنظر خوانده شد.

روش آماری

در این تحقیق تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزارSPSS17 انجام شد. نرمال بودن داده‌ها به کمک آزمون کولموگراف ـ اسمیرنف بررسی شدند. میانگین داده‌ها به کمک آزمون t[۶] با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) تعیین شد. در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

یافته ها

زیست‌سنجی اردک ماهی سواحل جنوبی دریای خزر در استان مازندران و گیلان شامل طول و وزن در جدول (۲) آمده است. میزان فلزات سنگین نیکل، کادمیوم و روی به ترتیب در ماهیان ایستگاه‌های ۱، ۱ و ۸ بالاتر به دست آمد و در ایستگاه‌های ۷، ۴ و ۲ پایین‌تر محاسبه شد.

بالاترین و پایین‌ترین میزان نیکل در کبد (۰/۱۸±۲/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عضله اردک ماهی (۰/۰۱±۰/۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (P<0.05). میزان نیکل در کبد اردک ماهی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بالاتر از عضله بود (P<0.05). میزان نیکل در عضله این ماهی در ایستگاه ۴

(۰/۰۶±۰/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در کبد اردک ماهی در ایستگاه ۱ (۰/۱۸±۲/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شد. میزان این فلز در عضله اردک ماهی در ایستگاه ۷ (۰/۰۱±۰/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در کبد این گونه در ایستگاه ۵ (۰/۱۷±۲/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) پایین‌تر از سایر ایستگاه‌ها بود (جدول ۳).

جدول (۲): زیست سنجی اردک ماهی (Esox lucius) سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران و گیلان)

ایستگاه	طول (سانتیمتر)	وزن (گرم)	تعداد ماهی
۱	۳۵/۴۸±۱/۲۳	۱۵۴/۷۳±۵/۸۵	۶
۲	۲۶/۱۵±۱/۳۵	۱۳۲/۴۷±۴/۷۲	۶
۳	۲۹/۵۵±۱/۱۳	۱۳۵/۶۴±۴/۰۶	۶
۴	۲۸/۴۴±۱/۷۶	۱۳۵/۶۵±۳/۲۷	۶
۵	۳۲/۵۲±۱/۹۲	۱۴۸/۴۶±۳/۴۲	۶
۶	۳۳/۶۱±۱/۵۳	۱۵۱/۶۳±۵/۵۶	۶
۷	۲۸/۷۵±۱/۷۳	۱۳۷/۴۷±۵/۳۲	۶
۸	۳۲/۲۵±۱/۴۶	۱۴۵/۶۷±۲/۷۸	۶
۹	۲۹/۵۹±۱/۴۹	۱۳۸/۵۶±۴/۸۶	۶
۱۰	۲۶/۳۸±۱/۷۱	۱۳۱/۶۴±۴/۳۹	۶

جدول (۳): میانگین (mean±SD) غلظت فلز نیکل (میلی گرم بر کیلوگرم) در اردک ماهی (Esox lucius) سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران و گیلان)

ایستگاه	عضله	کبد
۱	۰/۱۲±۰/۰۲^{a}	۲/۷۳±۰/۱۸^{b}
۲	۰/۱۱±۰/۰۱^{a}	۲/۴۷±۰/۱۲^{b}
۳	۰/۱۳±۰/۰۱^{a}	۲/۶۴±۰/۱۲^{b}
۴	۰/۹۸±۰/۰۶^{c}	۲/۶۵±۰/۱۴^{b}
۵	۰/۹۷±۰/۰۵^{c}	۲/۴۶±۰/۱۷^{b}
۶	۰/۱۶±۰/۰۱^{a}	۲/۶۳±۰/۱۴^{b}
۷	۰/۱۰±۰/۰۱^{a}	۲/۴۷±۰/۱۲^{b}
۸	۰/۱۳±۰/۰۲^{a}	۲/۶۷±۰/۱۲^{b}
۹	۰/۱۷±۰/۰۲^{d}	۲/۵۶±۰/۱۱^{b}
۱۰	۰/۱۹±۰/۰۲^{d}	۲/۶۴±۰/۱۳^{b}

حروف غیرهمنام در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌دار را نشان می دهد ($P<0.05$).

بالاترین و پایین‌ترین میزان کادمیوم در کبد (۰/۱۴±۱/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عضله اردک ماهی (۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد ($P<0.05$). میزان کادمیوم در کبد اردک ماهی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بالاتر از عضله بود ($P<0.05$). میزان کادمیوم در عضله این ماهی در ایستگاه ۶ (۰/۰۰۳±۰/۰۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در کبد ماهی در ایستگاه ۱ (۰/۱۴±۱/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شد. میزان این فلز در عضله اردک ماهی در ایستگاه ۴ (۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در کبد این گونه در ایستگاه ۱۰ (۰/۱۱±۱/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) پایین‌تر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود (جدول ۴).

جدول (۴): میانگین (mean±SD) غلظت فلز کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم) در اردک ماهی (Esox lucius) سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران و گیلان)

ایستگاه	عضله	کبد
۱	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۲^{a}	۱/۷۰±۰/۱۴^{b}
۲	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۳^{a}	۱/۶۹±۰/۱۲^{b}
۳	۰/۰۰۵±۰/۰۰۰۲^{a}	۱/۴۶±۰/۱۱^{b}
۴	۰/۰۰۴±۰/۰۰۰۲^{a}	۱/۶۳±۰/۱۱^{b}
۵	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۲^{a}	۱/۵۹±۰/۱۲^{b}
۶	۰/۰۴۶±۰/۰۰۳^{c}	۱/۵۶±۰/۱۳^{b}
۷	۰/۰۴۴±۰/۰۰۲^{c}	۱/۵۷±۰/۱۵^{b}
۸	۰/۰۴۳±۰/۰۰۳^{c}	۱/۴۹±۰/۱۳^{b}
۹	۰/۰۳۷±۰/۰۰۱^{d}	۱/۴۸±۰/۱۱^{b}
۱۰	۰/۰۲۳±۰/۰۰۱^{d}	۱/۴۲±۰/۱۱^{b}

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

بالاترین و پایین‌ترین میزان روی در کبد (۱۱۷/۴۹±۰/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عضله اردک ماهی (۱۶/۲۳±۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمد ($P<0.05$). میزان روی در کبد اردک ماهی در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بالاتر از عضله بود ($P<0.05$). میزان روی در عضله این ماهی در ایستگاه ۶ (۱۸/۹۲±۰/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در کبد ماهی در ایستگاه ۸ (۱۱۷/۴۹±۰/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شد. میزان این فلز در عضله اردک ماهی در ایستگاه ۲ (۱۶/۲۳±۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در کبد این گونه در ایستگاه ۲ (۱۰۳/۷۲±۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) پایین‌تر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود (جدول ۵).

جدول (۵): میانگین (mean±SD) غلظت فلز روی (میلی گرم بر کیلوگرم) در اردک ماهی (Esox lucius) سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران و گیلان)

ایستگاه	عضله	کبد
۱	۱۶/۸۲±۰/۲۸^{a}	۱۰۶/۴۲±۰/۲۸^{b}
۲	۱۶/۲۳±۰/۱۶^{a}	۱۰۳/۷۲±۰/۱۶^{b}
۳	۱۶/۴۴±۰/۱۸^{a}	۱۰۴/۲۳±۰/۱۸^{b}
۴	۱۶/۷۰±۰/۱۸^{a}	۱۰۵/۴۱±۰/۱۸^{b}
۵	۱۶/۲۴±۰/۲۲^{a}	۱۰۴/۶۸±۰/۲۲^{b}
۶	۱۸/۹۲±۰/۲۸^{a}	۱۱۴/۵۶±۰/۲۸^{c}
۷	۱۷/۲۳±۰/۱۶^{a}	۱۱۱/۵۷±۰/۱۶^{d}
۸	۱۸/۲۳±۰/۱۸^{a}	۱۱۷/۴۹±۰/۱۸^{e}
۹	۱۸/۳۴±۰/۱۸^{a}	۱۱۶/۴۸±۰/۱۸^{c}
۱۰	۱۸/۲۱±۰/۲۲^{a}	۱۱۴/۴۶±۰/۲۲^{c}

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

بحث و نتیجه‌گیری

فلزات سنگین گروهی از آلاینده‌های خطرناک محیط‌زیست هستند که قابلیت تجمع در اندام‌های ماهیان را دارند و به همین دلیل می‌توانند از طریق ماهیان وارد زنجیره غذایی انسان شده و در نهایت منجر به بیماری‌های مزمن و سرطان‌زایی شوند. سنجش و اندازه‌گیری غلظت‌های عناصر سنگین در بدن ماهیان از جنبه‌های بهداشت و سلامت انسان و مدیریت اکوسیستم‌های آبی و آبزی پروری اهمیت دارد و پایش این عناصر بسیار مهم و ضروری است (Askary Sary & Velayatzadeh, 2014; Yilmaz et al., 2007).

در این پژوهش میزان فلزات سنگین در اردک ماهی در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در کبد بالاتر از عضله بود. فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در اندام‌هایی مانند کبد و کلیه را در مقایسه با اندام‌های با فعالیت متابولیک پایین تفسیر می‌نماید (Filazi et al., 2003). بیشتر اندام‌های ماهی در برابر مسمومیت با فلزات سنگین حساس هستند، در این تحقیق بافت عضله ماهی به نسبت نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن برای مصرف و کبد به دلیل این که عضو اصلی در سوخت و ساز بدن است و صدمات اصلی را تحمل می‌کند (Stoskopf, 1993)، به عنوان اندام‌های هدف انتخاب شدند.

به نظر می‌رسد که گونه‌های مختلف ماهیان در مقابل حضور فلزات سنگین در آب کاملا بی‌دفاع هستند و ورود آن‌ها در بدن و تجمع آن‌ها در بافت‌های مختلف به طورکلی متاثر از غلظت آلاینده در محیط است. با این حال، به نظر می‌رسد حضور پروتئین‌های متالوتیونین در کبد و نقش آن در کاهش استرس اکسیداتیو در ماهیان، توجیه‌کننده تجمع بیشتر این آلاینده‌ها در اندام کبد باشد (Alvarado et al., 2006).

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 موثر باشد. همچنین نتایج برخی از مطالعه‌ها حاکی از آن است که در بافت عضله و کبد ماهیان پروتئین‌های متالوتیونین مسئول حذف عناصر سنگین و آثار سمی آن‌ها می باشند (Heath, 1987). تحقیقات متعدد در زمینه میزان فلز روی در اندام‌های ماهیان تجمع غلظت بالا را در کبد نسبت به عضله تایید نموده است (Glushankova and Pashkova, 1992; Dixson et al., 1996; Laimanso et al., 1999). بالاتر بودن غلظت روی در بافت‌هایی مانند کبد احتمالاً به دلیل وجود فعالیت‌های متابولیکی مانند سم‌زدایی[۷] و دفع مواد زاید[۸] در این اندام نسبت به سایر اندام‌های بدن ماهی بوده و همچنین این عنصر در کبد به صورت ترکیبات پلی‌پپتیدی مانند متالوتیونین‌ها وجود دارند (Jezierska & Witeska, 2001). نیکل نیز در کبد، آبشش، کلیه و ماهیچه‌های ماهیان تجمع می‌یابد (Jalali Jafari & Aghazadeh Mesghi, 2007). به طورکلی آبشش‌ها، کلیه و کبد عمده‌ترین راه‌های جذب فلزات به بدن ماهیان هستند (Newman & Unger, 2003) که جذب فلز کادمیوم از طریق آبشش‌ها بسیار بیشتر از جذب از طریق لوله گوارشی صورت می‌گیرد و سپس در کبد تجمع می‌یابد (Al-Yousuf et al. 2000). غلظت کادمیوم قابل ذخیره به فاکتورهایی از قبیل شیمی آب، پیچیدگی زنجیره غذایی، نوع گونه، سن، اندازه و جایگاه موجود در زنجیره غذایی بستگی دارد (Tuzen, 2009).

میزان فلز روی در عضله و کبد اردک ماهی در ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه در استان گیلان و مازندران بالاتر از فلزات نیکل و کادمیوم به دست آمد. در بسیاری از مطالعه‌های انجام شده میزان فلز روی در اندام‌های ماهیان نسبت به سایر فلزات سنگین بالاتر گزارش شده است (Askari Sari et al. 2010; Askari Sari & Velayatzadeh, 2011; Askari Sari & Velayatzadeh, 2014). Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵) نیز میزان روی در عضله اردک ماهی را نسبت به کادمیوم و نیکل بالاتر بیان نمودند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. روی عنصری است که در مقادیر اندک برای ماهی حیاتی است و جزء عناصر ضروری بدن ماهیان است که به عنوان کاتالیزور در ساختار آنزیم‌های فعال در سوخت و ساز انرژی فعالانه نقش دارد، اما در غلظت‌های بالا سمیت‌های شدید ایجاد می‌کند (Askary Sary & Velayatzadeh, 2014).

در این تحقیق میزان نیکل در عضله اردک ماهی مصب رودخانه سفیدرود و پلرود و در کبد نمونه‌های مصب رودخانه حویق بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. بنابراین، میزان این فلز در ماهیان صید شده از سواحل استان گیلان بالاتر از استان مازندران تعیین شد. منابع آلاینده بسیاری مانند پساب شهری و روستایی، سموم شیمیایی کشاورزی و پساب صنایع مختلف مانند

کارخانه روغن‌کشی در رودخانه سفیدرود وارد می‌شود (Mirmoshtaghi et al., 2011). استفاده از سموم شیمیایی در مزارع کشاورزی، برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه ها، ریختن زباله‌ها در داخل و حاشیه رودخانه‌ها و پساب صنایع مختلف در حاشیه رودخانه‌های استان گیلان مانند رودخانه پلرود موجب شده است که آلودگی‌های بی‌رویه آب‌های سطحی مانند آب رودخانه‌ها و تالاب‌ها در این منطقه افزایش یابد (Nawabian et al. 2013; Sharifi et al., 2016).

میانگین میزان نیکل در عضله اردک ماهی بخش‌های غربی، مرکزی و شرقی تالاب انزلی ۰/۴۴، ۰/۳۷ و ۰/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Ahmadi et al., 2015). همچنین میزان این فلز در اردک ماهی ۱۹۳ نانوگرم بر گرم نیز تعیین شد (Salimi et al., 2014). میزان تجمع زیستی عناصر سنگین در اندام‌های ماهیان به فاکتورهای زیستی مانند رژیم غذایی، نوع زیستگاه، فصول مختلف سال و توانایی جذب عناصر سنگین توسط گونه موردنظر بستگی دارد (Papagiannis et al., 2004). نیکل به طور گسترده‌ای در محیط‌زیست پراکنده است و افزایش غلظت این فلز به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی، استخراج آن از معادن و پالایشگاه‌ها و سوزاندن مواد زاید و پساب بیمارستانی است (Abdel-Baki et al., 2011). غلظت بالای نیکل در رسوبات، اصولا ناشی از منابع انسانی مثل تردد کشتی‌ها، قایق‌ها و نفت‌کش‌ها، نفت خام، فاضلاب‌های شهری و صنعتی است (Pourang et al., 2005). تخلیه و بارگیری مواد معدنی خصوصاً آهن صورت و تردد کشتی‌ها و شناورها و پساب ناشی از آن‌ها در افزایش آلودگی نیکل نقش دارد (Moshrofeh et al. 2012).

در این تحقیق میزان کادمیوم و روی در عضله اردک ماهی مصب رودخانه شیرود تنکابن و در کبد نمونه‌های مصب رودخانه حویق استان گیلان و سرخرود استان مازندران بالاتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. استان مازندران یکی از قطب‌های قوی کشاورزی است، اما متاسفانه به دلیل نبود طرح جامع آمایش سرزمین و استفاده غیراصولی از خاک و ضعف تکنیک‌های مهندسی به همراه مصرف بی‌رویه و بسیار زیاد انواع کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی و همچنین واقع شدن درصد قابل توجهی از اراضی کشاورزی در حاشیه رودخانه‌ها، پساب‌های اراضی کشاورزی از طریق نهرها و جوی‌های کوچک یا شستشوی خاک توسط باران، وارد مجاری اصلی رودخانه‌ها شده و سبب تغییرات اساسی در ترکیبات شیمیایی و فیزیکی آب می‌شود. همچنین عبور رودخانه‌ها در حاشیه و میان شهرها و روستاها سبب شده که انواع فاضلاب‌های خانگی، زهکش شهرها، فاضلاب کارگاه‌ها، کارخانه‌ها و فاضلاب‌های خطرناک بیمارستانی در رودخانه‌ها تخلیه و از این طریق شدیدا آلوده شوند. به طورکلی در سال‌های اخیر توسعه فعالیت‌های صنعتی و استخراج مواد اولیه در استان مازندران به لحاظ برخورداری از برخی شرایط مساعد و نیز به سبب برخورداری از منابع مطمئن آب روندی رو به رشد را طی می‌نماید که در نهایت منجر به استقرار برخی واحدهای صنعتی مانند صنایع غذایی، نساجی، چوب و فلزات شده است. خطرات ناشی از پساب این صنایع از پتانسیل بسیار بالایی نیز برخوردار هستند و صدمات جدی و گسترده‌ای بر پیکر اکوسیستم‌های آبی استان مازندران وارد نموده است.

میانگین میزان کادمیوم و روی در عضله اردک ماهی تالاب انزلی ۰/۸۲ و ۵۴/۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Ebrahimi Siriizi et al., 2012). همچنین در مطالعه‌های دیگر میزان کادمیوم و روی در عضله این ماهی ۰/۰۰۴ و ۲/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم (Imanpour Namin et al., 2011) و ۰/۰۳ و ۲۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم (Sadeghi Rad, 1996) تعیین شد. همچنین میانگین میزان روی در عضله اردک ماهی بخش‌های غربی، مرکزی و شرقی تالاب انزلی ۲۲، ۲۵/۵۵ و ۱۳/۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و میزان کادمیوم نیز به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۹ و ۰/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Ahmadi et al., 2015). همچنین میزان کادمیوم و روی در اردک ماهی ۱۰ و ۳۴/۹۷ نانوگرم بر گرم نیز تعیین شد (Salimi et al., 2014). روی می‌تواند در اندام‌های ماهیان ذخیره شود و سپس به بافت‌های دیگر منتقل شده یا این که مجددا در چرخه‌های زیستی متعدد وارد شود (Aaseth & Norseth, 1986). کادمیوم از طریق آتش‌سوزی جنگل‌ها و آتشفشان‌ها، فعالیت‌های انسانی مانند شیرابه‌های پسماندهای صنعتی، تولید کودهای فسفاته و سموم کشاورزی وارد محیط‌زیست می‌شوند. مقادیری از این فلز به وسیله هوازدگی سنگ‌ها وارد رودخانه و منابع آبی می‌شود (Massaro, 1997; Rajaji et al., 2012).

حد مجاز میزان نیکل، کادمیوم و روی در عضله ماهیان توسط سازمان بهداشت جهانی[۹] به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۲ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام شده است. همچنین سازمان غذا و دارو

آمریکا[۱۰] آستانه مجاز میزان نیکل، کادمیوم و روی در عضله ماهیان را به ترتیب ۱، ۱ و ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین نمود (Ahmadi et al., 2015; Salimi et al., 2014; Askary & Velayatzadeh, 2014). در این تحقیق میزان نیکل در عضله اردک ماهیان مصب رودخانه سفیدرود و پلرود بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود، اما میزان کادمیوم و روی در عضله اردک ماهیان ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و دارو آمریکا پایین تر به دست آمد.

با توجه به نتایج به دست آمده میزان نیکل در عضله برخی نمونه‌های اردک ماهی مخاطره آمیز است. همچنین تجمع زیستی مقادیر بالای فلزات سنگین نیکل، کادمیوم و روی در کبد اردک ماهیان ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه، آلودگی اکوسیستم‌های آبی سواحل جنوبی دریای خزر در استان‌های گیلان و مازندران را نشان داد. پیشنهاد می‌شود مطالعات تکمیلی درخصوص سایر فلزات سنگین در این گونه و سایر گونه‌های پرمصرف ماهی در رودخانه‌های استان‌های گیلان و مازندران و مصب سواحل دریای خزر انجام شود.

یادداشت‌ها

1. Esox lucius
2. Esocidae
3. Standard Addition
4. Matrix Interference
5. Standard Reference Materials; SRM
6. Paired-samples t test
7. Detoxification
8. Excretion
9. World Health Organization
10. Food and Drug Administration

فهرست منابع

Abbasi, K. 2005. Identification and Investigation of Fish Distribution of Hawiq River in Gilan Province. Journal of Iranian Biology, 18 (4): 370-382. (In Persian).

Abdel-Baki, A.S.; Dkhil, M.A. & Al-Quraishy, S. 2011. Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. African Journal Biotechnology, 10 (13): 2541–2547.

Abdoli, A. & Naderi, M. 2008. Biodiversity of fish in the southern basin of the Caspian Sea. Scientific publication of aquaculture, first edition. 237 pages (In Persian)..

Aaseth, J. & Norseth, T. 1986. Copper. In Handbook on the Toxicology of Metals, 2nd. Ed.Vol II (L. Friberg, G.F. Nordberg & V.B. Vouk, eds) pp. 233-254. Elsevier Amesterdam.

Ahmad, A.K. & Shuhaimi-Othman, M. 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences, 10 (2): 93-100.

Ahmadi, M.; Khanipour, A.A. & Abolqasemi, S.J. 2015. Measurement and comparison of heavy metal concentrations of cadmium, nickel and zinc in edible tissue of fish eagle (Esox lucius) in anzali wetland. Scientific Journal of Fisheries Journal, 24 (1): 82-75. (In Persian).

Akbarpour, A. & Nasri, F. 2006. Heavy metals and environment. Islamic Azad University, Sanandaj Branch Publishing, First Printing, Sanandaj. 175 pages. (In Persian).

Allen-Gill, S.M. & 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.

Alvarado, N.E.; Quesada, I.; Hylland, K.; Marigomez, I. & Soto, M. 2006. Quantitative changes in metallothionein expression in target cell-types in the gills of turbot (Scophthalmus maximus) exposed to Cd, Cu, Zn and after a depuration treatment. Aquatic Toxicology, 77: 64-77.

Al-Yousuf, M.H.; El-Shahawi, M.S. & Al-Ghais, S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex. Science Total Environ, 256: 87-94.

Amini Ranjbar, Gh. & Sotoudehnia, F. 2005. Accumulation of Heavy Metals in the Caspian Sea Mugil auratus muscle tissue in connection with some biometric characteristics (standard length, weight, age and gender). Iranian Journal of Fisheries Science, 14 (3): 1-18. (In Persian).

Askari Sari, A.; Khodadadi, M.; Kazemian, M.; Velayatzadeh, M. & Beheshti, M. 2010. Measurement and comparison of heavy metals (Zn, Mn, Cu, Fe) in Liza abu rivers of Karun and Bahmaneshir, Khuzestan province, Journal of Marine Science and Technology Researches, 5 (1): 61-70. (In Persian).

Askari Sari, A. & Velayatzadeh, M. 2011. Investigating the concentration of lead and zinc in liver and muscle tissues of two species of common carp and rainbow trout, Iranian Journal of Veterinary Medicine, 7 (1): 30-35. (In Persian).

Askary Sary, A.; Javahery Baboli, M.; Mahjob, S. & Velayatzadeh, M. 2012. The comparison of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in the muscle of Otolithes ruber in Abadan and Bandar Abbas Ports, the Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal, 21 (3): 99-106. (In Persian).

Askary Sary, A. & Velayatzadeh, M. 2014. Determination of lead and zinc in king mackerel (Scomberomorus guttatus), Spanish mackerel (Scomberomorus commerson) and Tiger-toothed Croaker (Otolithes ruber) from Persian Gulf, Iran in 2001 and 2011. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 5(1): 322-329.

Bazrafshan, A. 1995. Investigation of physical and chemical parameters and oil pollution in the southeastern part of the Caspian Sea before drilling wells. Master's Thesis, Islamic Azad University, Tehran North Branch. 176 pages. (In Persian).

Coulibaly, S.; Celestin Atse, B.; Mathias Koffi, K.; Sylla, S.; Justin Konan, K. & 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. Bulletin Environment Contamination Toxicology, 88: 571–576.

Dadolahi Sohrab, A.; Nabavi, S.M.B. & Khiror, N. 2008. Relationship of Some Biometric Specifications with Accumulation of Heavy Metals in Muscle and Gilly Muscle (Barbus grypus) in the Arvand River River. Journal of Fisheries Science of Iran, 17 (4): 27-33. (In Persian).

Dixon, H.; Gil, A.; Gubala, C.; Lasorsa, B.; Crecelius, E. & 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.

Eboh, L.; Mepba, H. D. & Ekp, 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.

Ebrahimi Siriizi, Z.; Sakizadeh, M.; Esmaeili Sari, A.; Bahrami Far N.; Ghasempouri, S.M. & Abbasi, K. 2012. Investigation of heavy metals of cadmium, lead, copper and zinc in antiseptic wetland musk tissue of Anzali wetland, accumulation and risk assessment. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 22 (87): 63-57. (In Persian).

El-Safy, M.K. & Al-Ghannam, M.L. 1996. Studies on some heavy metal pollutants in fish of El-Manzala Lake. In: Proceedings of the Conference on Food Borne Contamination and Egyptians Health, Mansoura November, 26-27: 151-180.

Esmaili Sari, A. 2002. Pollutants, Health and Environmental Standards. Naghshe Mehr Publishing, 1 the Ed, Tehran. 767 pages. (In Persian).

Esmaeili Sari, A.; Nouri Sari, H. & Esmaili Sari, A. 2007. Mercury in the environment. Bazargan Publication, First Edition, Rasht. 226 pages. (In Persian).

Filazi A.; Baskaya R. & Kum C. 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish Mugil auratus from Sinop-Icliman, Turkey. Journal of Human and Experimental Toxicology, 22: 85-87.

Glushankova, M. A. & Pashkova, I. M. 1992. Heavy metal in the tissue of fish from the Pskovsko chudskoe and Vyrts yoru lakes. Tsitologiya, 34(3): 46-50.

Haghighi, S.S.; Ghane, A. & Nahror, M.R. 2008. Investigating the Coliform Influence of Shafarood River in West of Gilan Province. Fisheries Journal, 2 (1): 61-71 (In Persian)..

Heath, A. G. 1987. Water pollution and fish physiology. (2nd ed.). CRC. Press. Boston, USA. 245 P.

Imanpour Namin, J.; Mohammadi, M.; Heydari, S. & Monsef Rad, F. 2011. Heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in tissue, liver of Esox lucius and sediment from the Anzali international lagoon- Iran. Caspian Journal Environment Science, 9(1): 1-8. (In Persian).

Jalali Jafari, B. & Aghazadeh Mesghi, M. 2007. Fish poisoning due to heavy metals in water and its importance in public health. Publication Mann Book, First Edition, Tehran. 134 pages. (In Persian).

Jamalzadeh Fallah, F.; Kharah, H.; Daghigh Rohi, J. & Sayyad Borani, M. 2014. The effect of parasitic contamination on some fish duck blood factors (Esox lucius) in Anzali wetland. Journal of Zoology Research, 27 (1): 36-22. (In Persian).

Jezierska, B. & Witeska, M. 2001. Metal Toxicity to Fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 11(3): 279.

Khara, H.; Sattari, M.; Nezami Balochi, Sh.; Mousavi, A.; Jafarzadeh, A. & Azhang, B. 2004. Prevalence and severity of parasitic infections in the fish duck in Amir Kalayeh lahijan wetland. Journal of Research and Development, 4 (59): 339-333. (In Persian).

Khara, H.; Nezami Balochi, Sh.; Sattari, M.; Mirhashemi Nasab, F.; Mousavi, A.; Kosari, A.; Daneshvar, S. & Ali Nia, M.R. 2007. Prevalence and severity of parasitic infections in Chamkhaleh Langrood River duck. Journal of Fisheries Science of Iran, 16 (2): 48-37. (In Persian).

Laimanso, R. Y.; Cheung, R. Y. & Chan, K. W. 1999. Metal concentrations in the tissues of Rabbit fish (Siganus oramin) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong kong. Journal of Marine Pollution Bulletin, 39: 234-238.

Mashinchian, A.; Khodadadian, M. & Nabavi, S.M.B. 2012. Determination of detergent concentration and its effects on the density and diversity of phytoplankton in estuaries of rivers (Tajan, Sarakhroud and Babolrood) in Mazandaran province. 6th National Conference on Environmental Engineering, Tehran, University of Tehran, Faculty of Environment, 13 pages. (In Persian).

Massaro, E. 1997. Handbook of Human Toxicology, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, CRC Press, Boca Raton, New York, pp. 38-54, 118-119, 135-136..

Miloskovic, A. & 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.

Mirmoshtaghi, S.M.; Amirnejad, R. & Khaledian, M.R. 2011. Quality study of Sefidrood River and its zoning using NSFWQI and OWQI quality indices. Journal of Ecobiology Wetland, 3 (9): 23-34. (In Persian).

Monsefrad, F.; Imanpour Nemin, J.; Heidari, P.; Mohammadi, H. & Hosseini, S.M. 2012. Relationship between essential and unnecessary metals in whitefish (Rutilus frisii kutum) on the southwest coast of the Caspian Sea. Fisheries Magazine (Natural Resources of Iran), 65 (1): 79-87. (In Persian).

Moshrofeh, A.; Riahi Bakhtiari, A. & Pourkazemi, M. 2012. The study of heavy metals of cadmium, nickel, vanadium and zinc in different tissues of elephant fish and ozone and risk of muscle tissue consumption in the southern basin of the Caspian Sea. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 22 (96): 90-97. (In Persian).

Nawabian, M.; Farzalizadeh, B.; Yousefi Moghadam, S. & Esmaili Voraky, M. 2013. Qualitative study of Polroud River using general indicators of water quality and comparison of indices for selecting the best indicator. 5th Iranian Water Resources Management Conference, Tehran, Iran Water Resources Science and Engineering Society, Shahid Beheshti University, 9 pages. (In Persian).

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

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.

Papagiannis, I.; Kagalou, I.; Leonardos, J.; Petridis, D. & Kalfakakou, V. 2004. Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). Environment International, 30: 357-362.

Pourang, N.; Dennis, J. H. & Ghourchian, H. 2005. Distribution of heavy metals in (Penaeus Semisulcatus) from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage. Environmental Monitoring and Assessment, 100: 71–88.

Qin, D.; Jiang, H.; Bai, S.; Tang, S. & Mou, Z. 2015. Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish species from Northeast China. Food Control, 50: 1-8.

Rajaji, A.; Jahanategi, H.; Mir, A.; Hesari Motlagh, S. & Hassanpour, M. 2012. Investigating the concentration of heavy metals in water reservoirs of wells in Sistan and Baluchestan province in 2010. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 22 (90): 105-112. (In Persian).

Rouessac, F. & Rouessac, A. 2007. Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.

ROPMI, 1999. Manual of oceanographic and pollulant analysis method. Third Edition. Kuwait. 1-100.

Sadeghi Rad, M. 1996. Investigation and determination of the amount of heavy metals (mercury, cadmium, lead, zinc, cobalt) in some species of Anzali lagoon (carp, fish duck, Carasius, Silver carp). Journal of Iranian Fisheries Science, 5 (4): 1-16. (In Persian).

Safari, R. & Yaghobzadeh, Z. 2012. Evaluation of microbial biodegradators of Shirud River in Mazandaran province. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 22 (98): 289-299. (In Persian).

Salimi, L.; Mehdi Nia, A. & Hasani Shafiq, P. 2014. Determination of heavy metals of arsenic, selenium, vanadium, molybdenum, mercury, nickel, cadmium, lead and iron in muscle tissue of Esox lucius in Anzali wetland. Journal of Marine Science and Technology Researches, 9 (1): 57-67. (In Persian).

Shahbazi Naserabad, S.; Pourbagher, H.; Ehdari, S. & Rajaei, M. 2014. Investigating the Flexibility of Caenis latipennis (Ephemeroptera: Caenidae) Aquatic Invertebrates in Response to Environmental Conditions along the Kheyrud River Road. Aquatic Ecology Journal, 4 (1): 18-28. (In Persian).

Sharifi, H.; Hayeripour, S. & Amirnejad, R. 2016. Determination of residue of diazinon in the Polrod River (Guilan province). Journal of Wetland Ecobiology, 8 (27): 53-64. (In Persian).

Sheikh Goodarzi, M.; Alizadeh Shabani, A.; Salman Mahini, A. & Feghhi, J. 2012. Evaluation of the effects of development on the environment of the Kermanroud area using the Land degradation model. Natural Environment (Iranian Natural Resources Magazine), 65 (2): 223-234. (In Persian).

Stoskopf, M.K. 1993. Fish medicine. WB. Saunders Co.London, England. 882P.

Taheri Azad, L.; Esmaeili Sari, A. & Rezaei Tababe, K. 2008. Measurement of mercury in different tissues of the Sander lucioperca Caspian Sea. Journal of Fisheries Science of Iran, 17 (2): 71-78. (In Persian).

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.

Velayatzadeh, M.; Askary Sary, A.; Khodadadi, M.; Kazemian, M. & Beheshti, M. 2014. The Survey and Comparison of Heavy Metals Hg, Cd and Pb in the Tissues of Liza Abu in the Karoon and Dez Rivers in Khoozestan Province. Journal of Environmental Science and Technology, 16 (3): 51-61. (In Persian).

Yilmaz, F.; Ozdemir, N.; Demirak, A. & Tuna, A.L. 2007. Heavy metal levels in two fish species Leuciscus cephalus and Lepomis gibbosus. Food Chemistry, 100: 830-835.