تعیین فلزات سنگین (Al, Ni, Pb, Hg, Cr) در ماهی سیاه کولی دریای خزر در سواحل انزلی

محبوبه ستوده اصل[1]، رضوان موسوی ندوشن[2] و لیدا سلیمی*[3]

۱ و ۲- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۵

چکیده

تعداد ۱۰ عدد ماهی سیاه کولی با استفاده از تور پره توسط صیادان محلی در آذر ماه سال ۱۳۹۲ در سواحل انزلی (دهانه تالاب انزلی) صید شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، تعیین جنسیت و بیومتری شدند. از این تعداد ۶ عدد ماده و ۴ عدد نر بودند. میانگین طول ماده‌ها برابر ۱/۰۱ ±۱۹/۲۱ و نرها برابر ۰/۲۶۴± ۱۸/۶۵ سانتی متر بود. میانگین وزن ماده‌ها برابر ۸/۱۶۰ ± ۶۸/۸ و در نرها برابر ۲/۲۰۱ ± ۶۲/۹ گرم به دست آمد. پس از هضم شیمیایی، با استفاده از دستگاه ICP میزان چهار فلز Al, Ni, Cr, Pb در عضله ماهیان سنجیده شد. سنجش Hg در عضلات با استفاده از دستگاه جذب اتمی به روش بخارات سرد اتمی Cold vapour صورت گرفت. کلیه آزمایش‌ها دارای ۳ تکرار بود. نتایج نشان داد که میزان فلزها در هر دو جنس نر و ماده ماهی‌ها از Al> Ni>Pb>Hg> Cr تبعیت می‌نماید. اختلاف معنی‌داری بین جذب این فلزات در دو جنس نر و ماده مشاهده نگردید (P≥۰/۰۵). با مقایسه غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه با استانداردهای جهانی (WHO, FAO, SAW, FEPA) مشخص شد که میزان جیوه در نرها برابر ۰/۰۵± ۰/۲۲ و در ماده‌ها برابر ۰/۰۶ ± ۰/۲۰ میلی گرم در کیلوگرم (WHO=۰/۱-۰/۵)، کروم در هر دو جنس کمتر از ۰/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (WHO=۰/۱۵)، سرب در نرها برابر ۰/۴۴±۰/۸۵ و در ماده‌ها برابر ۰/۳۶ ± ۰/۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم (WHO=۰/۵-۱/۵) و در هر سه فلز کمتر از حد مجاز استاندارد جهانی بود. غلظت آلومینیوم در نرها برابر ۰/۵۱±۱/۹۵ و در ماده‌ها برابر ۰/۵۹±۱/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (SAW=۰/۰۳) و نیکل در نرها برابر ۲/۰۰±۱/۶۰ و در ماده‌ها برابر ۰/۱۸ ±۰/۷۶۶ میلی گرم در کیلوگرم و بیشتر از حد مجاز استانداردهای جهانی (WHO=۰/۵-۰/۶) تعیین شد.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، ماهی سیاه کولی، دهانه تالاب انزلی

* نگارنده پاسخگو: l_ salami@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

ماهی به عنوان یک منبع مهم از پروتئین و چربی با ارزش اقتصادی بالا شناخته شده و با داشتن ویتامین‌های محلول در چربی و مواد مورد نیاز، در یک رژیم غذایی متعادل جایگاه ویژه‌ای دارد. تحقیقات اپیدمیولوژیکی نشان داده‌اند که مصرف ماهی، خطر بروز بیماری‌های قلبی، عروقی، فشار خون و سرطان را کاهش می‌دهد بنابراین مصرف آن در تمام دنیا رو به افزایش است. اما از طرف دیگر ماهی، در صورت آلوده شدن می‌تواند حاوی مقادیر زیادی آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین که سمی هستند، باشد. این عناصر بسته به نقش بیولوژیکی خود می‌توانند به عناصر ضروری و عناصر غیر ضروری و عناصر سمی تقسیم شوند (Carvalho *et al*,. 2005). تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان می‌تواند ناشی از متغیر بودن فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتین هایی نظیرمتالوتیونین ها باشد. همچنین تفاوت نیازهای اکولوژیک، فعالیت‌های متابولیک ماهیان و نوسانات در میزان آلودگی آب، غذا و رسوبات می‌تواند از دیگر عوامل مهم تلقی شوند (Amini Ranjbar & Sotudeh Nia, 2005). فلزات سنگین پس از ورود به گردش خون در نهایت در اندام‌های بدن توزیع می‌شوند، میزان این انتشار به عواملی مانند نیاز غذایی بدن ماهی به عنصر مورد نظر، تمایل سیستم دفاعی به دفع فلز و تغییراتی که بر فلز وارد شده در سلول‌ها رخ می‌دهد، بستگی دارد (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۵). به طور معمول بعضی از این عناصر، گرچه به میزان بسیار کم، برای انجام فعالیت‌های طبیعی فیزیولوژیک بدن انسان و پستانداران و نیز آبزیان ضروری هستند، اما زمانی که غلظت فلزات سنگین در محیط از حد مجاز فراتر رود و یا به طور مستمر وارد محیط زیست ماهیان و یا سایر آبزیان شوند، ماهیان با برداشت آنها به طریق مستقیم و یا غیر مستقیم و ذخیره سازیشان در اندام‌هایی مانند ماهیچه، کبد، و کلیه دچار نوعی مسمومیت مزمن می‌شوند و در صورت استمرار، علائم کلینیکی ویژه این نوع مسمومیت‌ها را نشان می‌دهند. چنین رخدادی در انسان به دلیل برداشت یکباره و زیاد فلزات سنگین تجمع یافته در ماهیچه‌های ماهی، ممکن است به صورت حاد جلوه گر شود و افراد مسموم علائم کلینیکی و اغتشاشات فیزیولوژیکی مربوط به عنصر مربوطه را نشان دهند (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۵). از میان فلزات سنگین که در آب‌های طبیعی یافت می‌شوند سرب از نظر امکان بروز تلفات در ماهیان از اهمیت زیادی برخوردار است. مهم‌ترین منابعی که سرب از آن طریق می‌تواند وارد بدن گردد عبارتند از هوای محیط، غذا و آب (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). جیوه از خطرناکترین فلزات سنگین محسوب می‌شود که به شدت سمی بوده و باعث ایجاد عوارض وناهنجاری‌های مختلف در سیستم اعصاب مرکزی انسان می‌گردد. جذب جیوه از راه غذا عمده‌ترین راه ورود و تجمع این ماده در بدن ماهی است. البته جذب سطحی جیوه هم رخ می‌دهد ولی میزان جذب اصولاً به دما وابسته است و با افزایش دمای آب، میزان جذب نیز افزایش می‌یابد (Ganther *et al*,. 1972).

بنابراین کنترل این عناصر با اندازه گیری مداوم در اکوسیستم‌های آبی ضرورت می‌یابد. از مهم‌ترین روش‌های کنترل، انتخاب گونه‌های مختلف ماهی به عنوان بیواندیکاتور آلاینده‌های فلزی در محیط‌های آبی می‌باشد که در این مورد بافت‌های مختلف ماهیان به طور گسترده‌ای به منظور بررسی اثرات فیزیولوژیک فلزات سنگین می‌توانند بکار روند (Obasohan, 2007). با توجه به مصرف عضله ماهی که این بافت نقش مهمی در تغذیه انسان دارد جهت لزوم اطمینان از سلامت آن برای مصرف، مورد بررسی قرار گرفته است. البته معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان است (Al- Yousuf *et al*,. 2000, Krishnamurti & Nair, 1999).

با توجه به اینکه ماهی سیاه کولی در شمال کشور یکی از ماهیان پر مصرف و در سواحل انزلی تمرکز

مناسبی دارد، همچنین منطقه انزلی به لحاظ ورودی پساب‌های مختلف در فصول سال در معرض آلودگی‌های نفتی و پساب‌های خانگی و صنعتی قرار دارد، لذا آگاهی از سلامت این ماهی می‌تواند نقش مهمی در آگاهی بخشی و تأمین سلامت مصرف کنندگان این ماهی داشته باشد. هدف از این مطالعه تعیین میزان فلزات سنگین (Hg, Pb, Al, Cr, Ni) در عضله ماهی سیاه کولی در سواحل انزلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری در فصل پاییز سال ۱۳۹۲ صورت گرفت. در ابتدا ۱۰ نمونه ماهی سیاه کولی به‌صورت تصادفی در اواخر آذر ماه از دریای خزر (در نزدیکی دهانه تالاب انزلی) توسط تور پره صید گردید. سپس نمونه‌ها در یخدان حاوی یخ به تهران منتقل شدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها از یخدان خارج شده بر روی سینی‌های مخصوص کد گذاری شده قرار داده شدند. در بیومتری وزن کل با ترازوی مارک AND با دقت ۰/۰۱ گرم، طول کل با خط کش با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. سپس ماهیان تشریح و جنسیت آنها شامل ۴ عدد نر و ۶ عدد ماده تعیین گردید.

بعد از بیومتری عملیات جداسازی بافت عضله صورت گرفت و نمونه‌های بافت در کیسه‌های زیپ دار مخصوص قرار داده شد تا هوا وارد آن نشود و سپس مجدداً تا زمان انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد فریز شدند.

آنالیز شیمیایی

آنالیزهای شیمیایی بر طبق روش Vaidya و Rantala (1996) انجام گرفت. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه جهت سنجش فلزات نمونه‌ها کدگزاری گردید. سپس مقداری از هر ماهی مطابق کد درون بشرهای کد گذاری شده ریخته شد. نمونه‌ها جهت خشک شدن مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها از آون خارج و در دمای محیط هم دما شدند سپس از بافت خشک عضله هر نمونه مقدار ۱ گرم (ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم) وزن گردید و درون بشرهای کد گذاری شده ریخته شد. بشرها زیر هود قرار داده شده و مقدار ۶ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه گردید. با استفاده از حرارت هیتر عملیات هضم بافت‌ها تسریع شد (Vaidya & Rantala,1996) . پس از هضم، نمونه‌ها درون ویال های از قبل کدگذاری شده ریخته شد. ته بشرها با آب مقطر شستشو و به آن اضافه گردید و برای تعیین میزان فلزات سنگین به دستگاه تزریق شد از دستگاه (Inductively coupled plasma) ICP مدل ES-710 ساخت شرکت varian آمریکا برای اندازه‌گیری Al, Ni, Cr, Pb استفاده گردید و از دستگاه جذب اتمی مدل GTA 120 ساخت شرکت Varian برای اندازه‌گیری Hg استفاده شد. با استفاده از تکنیک Cold vaiper اندازه‌گیری مزبور صورت پذیرفت.

آنالیز آماری

شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel و آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 صورت گرفت. ضریب اطمینان مطالعه ۹۵ درصد تعیین شد.

نتایج

اطلاعات مربوط به زیست سنجی ماهی سیاه کولی شامل طول کل، وزن، جنسیت در جدول (۱) ارائه شده است. بر اساس شکل (۱) میانگین مقدار فلزات در تمام موارد مورد مطالعه در جنس‌های نر بیشتر از ماده‌ها بود و میانگین مقدار فلزات بین دو جنس اختلاف معنی‌دار با هم نداشت ($P \geq ۰/۰۵$). میانگین غلظت آلومینیوم در جنس نر ۰/۵۱ ±۱/۹۵، جنس ماده ۱/۲۳ ±۰/۵۹ میلی‌گرم در کیلوگرم، غلظت نیکل در نرها ۲/۰۰± ۱/۶ و در ماده‌ها ۰/۱۸±۰/۷۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و همچنین میانگین غلظت جیوه در نرها

۰/۰۵± ۰/۲۲ و در ماده‌ها ۰/۰۶۳±۰/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، میانگین غلظت سرب در نرها ۰/۴۴± ۰/۸۵ و در ماده‌ها برابر ۰/۳۶ ±۰/۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد و ارقام در جدول (۲) ارائه شده است. غلظت کروم به دلیل کم بودن در شکل (۱) گنجانده نشد. ترتیب فلزات در هر دو جنس روند یکسانی را به صورت زیر نشان داد:

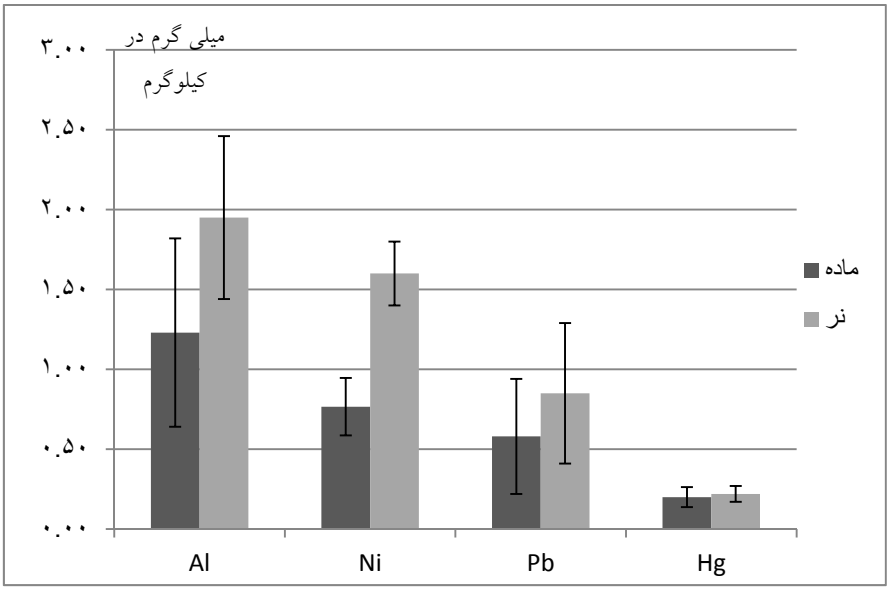
Al>Ni>Pb>Hg>Cr

جدول ۱- خلاصه نتایج بیومتری نمونه‌های ماهی سیاه کولی، سواحل بندر انزلی،۱۳۹۲

جنسیت	متغیرها	
	وزن (گرم)	طول (سانتی متر)
ماده	۶۸/۸ ± ۸/۱۶۰	۱۹/۲۱ ±۱/۰۱۰
نر	۶۲/۹ ±۲/۲۰۱	۱۸/۶۵ ±۰/۲۶۴

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات در دو جنس نر و ماده ماهی سیاه کولی- سواحل بندر انزلی- ۱۳۹۲

جنسیت	فلزهای مورد سنجش				
	(میلی گرم Al در کیلوگرم)	(میلی گرم Cr در کیلوگرم)	(میلی گرم Ni (در کیلوگرم)	(میلی گرم Hg (در کیلوگرم)	(میلی گرم در Pb (کیلوگرم)
ماده	۱/۲۳±۰/۵۹	<۰/۰۱	۰/۷۶۶±۰/۱۸	۰/۲±۰/۰۶۳	۰/۵۸ ±۰/۳۶
نر	۱/۹۵±۰/۵۱	<۰/۰۱	۱/۶±۲/۰۰	۰/۲۲±۰/۰۵	۰/۸۵±۰/۴۴



شکل ۱- میانگین غلظت فلزهای مورد سنجش غیر از کروم در ماهی سیاه کولی به تفکیک جنس در سواحل انزلی در آذر سال ۱۳۹۲ (آنتنک نشان دهنده انحراف معیار است)

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج نشان داد که غلظت فلز Al در بافت عضله ماهی سیاه کولی در جنس نر ۱/۹۵±۰/۵۱ و در جنس ماده ۱/۲۳ ±۰/۵۹ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. مقایسه آلومینیوم بین دو جنس نشان داد شکل (۱) که با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (۰/۰۵ ≥P). در پژوهش حاضر مقدار فلز آلومینیوم ازسایر فلزات مورد بررسی بالاتر بود. همچنین میزان این فلز نسبت به استاندارد جهانی (SAW=۰/۰۳) بالاتر بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت آن انجام فعالیت‌های صنعتی (نظیر کشتی سازی نیروی دریایی) در اطراف نواحی محل نمونه برداری باشد. در بسیاری موارد پساب‌های حاصل از این فعالیت‌ها وارد رودخانه‌های محدوده بررسی می‌شود. همچنین رودخانه زرجوب که عمده آب شهرستان رشت را تأمین می‌کند، آلوده‌ترین رودخانه در سطح گیلان و حتی کشور است (قدرتی و همکاران،۱۳۸۶). منابع آلوده کننده این رودخانه عبارتند از: فاضلاب‌های صنعتی، فاضلاب‌های شهری و کشاورزی، مغازه‌ها و بازارچه‌های احداث شده که تمامی مواد زاید خود را وارد این رودخانه می‌کنند و در نهایت این رودخانه با تمام آلودگی‌هایش به تالاب انزلی می‌ریزد (قدرتی و همکاران،۱۳۸۶). همچنین ورود مواد ناشی از خوردگی بدنه کشتی‌ها در طولانی مدت با توجه به شرایط محیطی منطقه هم می‌تواند سبب ورود مقداری Al در آب این منطقه باشد که می‌تواند نهایتاً وارد زنجیره غذایی و بافت ماهی شده باشد.

جدول ۳- مقایسه غلظت فلزات سنگین در عضله ماهی سیاه کولی نر و ماده با استاندارد جهانی فلزات سنگین در غذاهای دریایی

استانداردهای جهانی	(میلیگرم Pb در کیلوگرم)	(میلیگرم در Ni کیلوگرم)	(میلیگرم در Cr کیلوگرم)	(میلیگرم در Hg کیلوگرم)	(میلیگرم در Al کیلوگرم)
(میلی گرم در کیلوگرم) FEPA	۲	۰/۵	۰/۱۵	۰/۴	-
(میلی گرم در کیلوگرم) FAO	۰/۵	۰/۵	-	-	-
(میلی گرم در کیلوگرم) WHO	۰/۵ – ۱/۵	۰/۵ – ۰/۶	۰/۱۵	۰/۱ – ۰/۵	-
(میلی گرم در کیلوگرم) SAW	-	-	-	-	۰/۰۳
عضله ماده	۰/۵۸ ± ۰/۳۶	۰/۷۶۶ ± ۰/۱۸	<۰/۰۱*	۰/۲۰ ± ۰/۰۶۳	۱/۲۳ ±۰/۵۹
عضله نر	۰/۸۵ ± ۰/۴۴	۱/۶ ± ۲/۰۰	<۰/۰۱*	۰/۲۲ ± ۰/۰۵	۱/۹۵ ± ۰/۵۱

* مقادیر با توجه به حد تشخیص دستگاه کمتر از ۰/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد

WHO: World health organization
SAW: Sos Aferican water quality godlive. Volume 6. Agriculture.1996.
FAO: Food agriculture organization
FEPA: Federation of the European producers of abrasives

با توجه به فصل نمونه برداری و هم زمانی با بارش‌هایی که از ماه مهر تا آذر انجام می‌شود، می‌تواند بارش باعث شسته شدن خاک‌های اسیدی و حمل آنها به دریاچه شده و در نتیجه کاهش pH آب شود که این خود می‌تواند دلیلی مبنی برافزایش میزان انحلال نمک‌های نامحلول Al خاک و افزایش مقدار Al در آب و در نتیجه اندام‌های ماهیان باشد. به طور مثال در تحقیقی که بر روی آبشش قزل آلای قهوه‌ای در دو آب اسیدی و غیراسیدی انجام شده است، غلظت Al در آب اسیدی بالاتر بود (Karlsson *et al*., 1986). تحقیقات انجام شده راجع به آلودگی با فلز آلومینیوم در ایران خیلی محدود است. در تحقیقی که بر روی بخش‌های خوراکی سه گونه آبزی تجاری (*Mullus Saurida barbatus, Sparus aurata, undosquamis*) در ترکیه انجام شد، غلظت Al برابر ۰/۰۲- ۵/۴۱ میکروگرم در گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد

(Turkmen *et al*., 2005) که بیشتر از نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

غلظت نیکل در بافت عضله ماهی سیاه کولی در جنس نر برابر ۲/۰۰ ±۱/۶ و در جنس ماده ۰/۷۶۶±۰/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد جدول (۲). همچنین مقایسه میزان این فلز با استانداردهای جهانی (WHO=۰/۵-۰/۶) نشان دهنده بالا بودن میزان این فلز نسبت به استانداردهای جهانی می‌باشد (جدول ۳). نیکل به‌طور گسترده در محیط زیست پراکنده است و غلظت آن تابعی از سوخت‌های فسیلی است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت فلز نیکل بعد از آلومینیوم بالاترین فراوانی را در بافت ماهیان مورد نظر داشت. در این راستا می‌توان بیان نمود که غلظت این فلز احتمالاً در آب نواحی ساحلی دریای خزر با توجه به آلودگی‌های موجود در منطقه و ورود پساب‌های صنعتی، بالا است. عسگری ساری و همکاران (۱۳۸۸) میزان فلز نیکل را در بافت عضله ماهی سیاه کولی اندازه گیری و مقدار آن را برابر ۱/۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم اعلام نمودند، که پایین‌تر از میزان نیکل در جنس نر سیاه کولی این تحقیق است. غلظت نیکل نیز در بین جنس نر و ماده ماهی سیاه کولی در تحقیق حاضر مطابق شکل (۱) اختلاف معنی‌داری نداشت (P≥۰/۰۵). غلظت سرب در عضله ماهی سیاه کولی در جنس نر برابر ۰/۴۴± ۰/۸۵ و در جنس ماده برابر ۰/۳۶ ± ۰/۵۸ میلی‌گرم در کیلو گرم که در نرها بالاتر و در هر دو جنس پایین‌تر از استاندارد جهانی (WHO=۰/۵-۱/۵) است (جدول ۳). مقدار سرب در این تحقیق بعد از آلومینیوم و نیکل قرار دارد (آلومینیوم در نرها ۰/۵۱±۱/۹۵ و در ماده‌ها ۰/۵۹±۱/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیکل در نرها ۲/۰۰±۱/۶ و در ماده‌ها ۰/۱۸±۰/۷۶۶ میلی گرم در کیلوگرم، جدول (۲). به نظر می‌رسد سرب از طریق سوخت‌های فسیلی و سوخت خودروها و پساب‌های صنعتی وارد اکوسیستم‌های آبی و بافت ماهیان می‌شود. در تحقیقی که توسط عسگری ساری و ولایت زاده (۱۳۹۳) انجام شد میزان سرب در عضله قزل‌آلای رنگین کمان برابر ۰/۰۶±۰/۶۶ میلی گرم در کیلوگرم و در عضله ماهی کپور معمولی برابر ۰/۰۴ ±۰/۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد. مقادیر مربوط به کپور معمولی از نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر کمتر است. مطابق شکل (۱) در پژوهش حاضر میزان سرب در بین جنس نر (۰/۸۵) و ماده (۰/۵۸) اختلاف معنی دار نداشت (P≥۰/۰۵).

بنابر نتایج به دست آمده غلظت جیوه در عضله ماهیان نر برابر ۰/۰۵±۰/۲۲ و در عضله ماهیان ماده برابر ۰/۰۶۳±۰/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد جدول (۲). میزان این فلز در ماهی نر کمی بیشتر از ماهی ماده می‌باشد که نسبت به استانداردهای جهانی (WHO=۰/۱-۰/۵) مقدار آن پایین است (جدول ۳). علت آن می‌تواند فصل نمونه برداری باشد که باعث کاهش جذب جیوه گردیده است. لازم به ذکر است که حداکثر تجمع و ذخیره فلزات سنگین در ماهیان کفزی خوار- پلانکتون خوارها و گوشتخواران بسترزی رخ می‌دهد که بیانگراین مطلب است که گونه‌های کفزی (مثل سیاه کولی) بیشتردر معرض آلودگی با فلزات سنگین هستند (Krishnamurti & Nair, 1999).

در تحقیق دیگری میزان جیوه توسط عسگری ساری و همکاران در سال ۱۳۸۸ در ماهی بیاح رودخانه کارون و کرخه اندازه‌گیری شد که میزان جیوه به ترتیب برابر ۰/۲۲ و ۰/۸۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شد که میزان جیوه در ماهی بیاح رودخانه کرخه از تحقیق حاضر در هر دو جنس بیشتر است. در مطالعه حاضر غلظت جیوه در هر دو جنس از مقادیر به دست آمده در تحقیقات فوق کمتر می‌باشد. مطابق شکل (۱) میزان جیوه نیز در جنس نر و ماده با هم اختلاف معنی‌دار نداشت (P≥۰/۰۵).

میزان فلز کروم در هر دو جنس کمتر از ۱۰ میکروگرم در گرم (۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)

می‌باشد (جدول ۲) و این طور می‌توان بیان کرد که نمونه‌های ماهیان سیاه کولی مورد بررسی تقریباً فاقد فلز کروم هستند. میزان این فلز نسبت به استانداردهای جهانی (WHO=۰/۱۵ ppm) پایین‌تر بود (جدول ۳). در تحقیقی که توسط بندانی و همکاران بر روی کپور ماهیان در استان گلستان انجام شد میزان کروم در بافت عضله ۰/۰۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد که مقدار آن از تحقیق حاضر بیشتر است (بندانی و همکاران،۱۳۹۰). لازم به ذکر است در تحقیق حاضر با توجه به مقدار بسیار کم کروم (کمتر از ۰/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم)، این مقادیر در آنالیز آماری مورد استفاده قرار نگرفت.

نتایج تحقیقات صباغ کاشانی (۱۳۸۱) و همچنین فاضلی و همکاران (۱۳۸۴) بر روی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در سواحل جنوبی دریای خزر، حاکی از کم بودن میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در بافت عضله این گونه نسبت به سایر بافت‌ها می‌باشد. در تحقیقی که بر روی عضله کپور (*Cyprinus carpio*) در ۱۱ ایستگاه در سواحل غربی و شرقی- تالاب گمیشان و خلیج گرگان انجام شد و فلزات سنگین Zn, Pb, Cd, Cr سنجیده شد فلز روی بالاترین سطح را در بافت عضله داشت و میزان سرب، کادمیوم، کروم به ترتیب در مراحل بعد قرار داشتند و از نظر اینکه Pb>Cr بوده و کروم کمتر از همه فلزات مورد سنجش بوده با تحقیق حاضر مطابقت دارد (بندانی و همکاران،۱۳۹۰).

نتایج مطالعات متعدد در تجمع فلزات در ماهیان در محیط زندگیشان نشان داد که در بافت‌های مختلف درصد جذب و سرعت خروج آنها متفاوت بوده و معمولاً با ترتیب Fe>Zn>Pb>Cu>Cd>Hg در بافت تجمع می‌یابند. در اکثر ماهیان فلز Zn تقریباً برابر ۳۰۰ میلیگرم بر گرم، فلزات سرب و مس کمتر از ۱۰ میلیگرم بر گرم، کادمیوم و جیوه در غلظت کمتر از ۱ میلیگرم بر گرم تجمع می‌یابند (Jezierska & Witesk, 2001. که در مورد Pb>Hg (در نرها ۰/۲۲>۰/۸۵) و (در ماده‌ها ۰/۲>۰/۵۸) با این تحقیق هم خوانی دارد.

در این تحقیق میانگین غلظت فلزات به‌طور کلی در بافت عضله ماهی سیاه کولی در هر دو جنس روند مشابه به صورت زیر را نشان داد: Al>Ni>Pb>Hg>Cr

در خاتمه با توجه به مقایسه مقادیر این تحقیق با مقادیر استانداردهای جهانی در جدول (۳)، میزان فلزات Pb, Hg, Cr کمتر از استانداردهای جهانی و Al, Ni بیشتر از استانداردهای جهانی به دست آمد.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.۱۳۸۱. آلاینده‌ها و بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. تهران.

بندانی، غ.، خوشباور رستمی، ح.، یلقی، س.، شکرزاده، م. و نظری، ح.۱۳۹۰. سطح فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم، روی) در بافت عضله و کبد ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) سواحل استان گلستان، مجله علمی شیلات ایران، ۱۹(۴):۱۰-۱.

جلالی جعفری، ب. و آقازاده مشگی، م. ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشاراتمان کتاب، تهران.

شریف فاضلی، م.، ابطحی، ب. و صباغ کاشانی، آ. ۱۳۸۴. سنجش تجمع فلزات سنگین سرب- نیکل- روی در بافت‌های ماهی کفال طلایی سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴(۱): ۷۸-۶۵.

صباغ کاشانی، ا. ۱۳۸۱. تعیین سطح برخی فلزات سنگین در عضله، کبد، کلیه. تخمدان و آبشش ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در سواحل جنوب دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

قدرتی، ع.، صبح زاهدی، ش. و داداشی، م. ۱۳۸۶. بررسی آلودگی صنایع در رودخانه زرجوب شهرستان رشت- استان گیلان. نشریه منابع طبیعی ایران، ۶۰(۱): ۲۲۴-۲۱۳.

عسکری ساری، ا.، بهشتی، م. و ولایت‌زاده، م. ۱۳۸۸. اندازه‌گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین (Cu, Fe, Zn, Mn, Hg,Cd,Pb) در اندام‌های مختلف ماهی بیاح (*Liza abu*) در رودخانه کارون استان خوزستان. قابل دسترسی در: http://askarysary.blogfa.com

عسکری ساری، م.، فرهنگ نیا، م. و بازترابی، م. ۱۳۸۸. اندازه‌گیری و مقایسه سرب، کروم و نیکل در مزارع ماهی خرم‌آباد. دهمین کنفراس سلامت محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران.

عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م. ۱۳۹۳. بررسی غلظت سرب و

روی در کبد و عضله ماهی کپور معمولی و قزل آلای رنگین کمان. اولین همایش ملی آبزیان و توسعه آبزی پروری ۱۴ و ۱۵ بهمن ۱۳۹۳، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

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

Amini Ranjbar, G. & Sotudeh Nia, F. 2005. Accumulation of heavy metal in fish muscle tissue of (*Mugil auratus*) Caspian Sea in connection with some biometrial profile (standard length, weight, age and gender). *Iranian Journal of Fisheries Sciences,* 3: 1-19.

Carvalho, M. L., Santiago, S. & Nunes, M.L. 2005. Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 328: 426-43.

Ganther, H. E., Goudie, C., Sunde, M. L., Kopecky, M. J., Wagner, P. & Oh, S. H. 1972. Selenium: relation to decreased toxicity of methyl mercury added to in containing tuna. *Science*, 175: 1122-1124.

Jezierska, B. & Witesk, M. 2001. Toxicity metal to fish. Wydawnictwo Akademii Podlaskiej, Siedlce.

Karlsson, L., Norrgren,, Dickson, W., Ljugberg, O. & Runn, P. 1986. Acid water and Aluminum exposure: gill lesions and Aluminum accumulation in farmed Brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal Fish Diseases*, 5: 1-9.

Krishnamurti, A. J. & Nair, V. R. 1999. Concentration of metals in fishes from thane and bassein creeks of Bombay. *Indian journal of marine sciences*, 28:39-44.

Obasohan, E. E. 2007. Heavy metals concentration in the offal, gill, muscle and liver of a freshwater mudfish *(Parachanna obscura*) from Ogba River, Benin City, Nigeria. *African Journal of Biotechnology,* 6:2620-2627.

Turkmen, A., Turkmen, M., Tepe, Y. & Akyurt, I. 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Journal of Food Chemistry*, 91: 167-172.

Vaidya, O. C. & Ranatala, R. T. T. 1996. A comparative study of analyrical methods; determination of heavy metals in mussels(*Mytilus edulis)* from Eastern Canada. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry,* 63:179-185.