

*An investigation of lead concentration in *Rutilus frisii kutum* from Caspian Sea; case study of Bandar Anzali and Roodsar, Iran*

Younes Yaghoobzadeh¹,
Maryam Hossein-Nezhad¹,
Golnar Asadi-Shiran²,
Mohaddeseh Pourali³

¹ Instructor, Department of Environment, School of Natural Resources, Allameh Mohaddes Noori Institutions of Higher Education, Noor, Iran

² MSc Student in Environmental Science, School of Natural Resources, Malayer University, Hamadan, Iran

³ School of Natural Resources, Allameh Mohaddes Noori Institutions of Higher Education, Noor, Iran

(Received February 6, 2013; Accepted September 25, 2013)

Abstract

Background and purpose: Fish and seafood are considered as important sources of high-quality protein, minerals and polyunsaturated fatty acids, but they can contribute significantly to human dietary exposure to environmental pollutants. This study was carried out to assess the concentration of Pb in kutum as the most consumed fish and to determine the estimated daily/weekly intake (EDI/EWI) for comparisons to the tolerable daily/weekly intake (TDI/TWI).

Materials and methods: Forty kutums were collected from Bandar Anzali and Roodsar stations, Iran, during January 2012. After preparation and chemical digestion, Pb concentration was determined using Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry (SHIMADZU AA/680).

Results: The mean accumulated concentrations of Pb in the kutum from Bandar Anzali and Roodsar stations were 2.55 ± 0.54 and 1.66 ± 0.25 mg/kg dry weight, respectively. The observed EDI and EWI of Pb from Bandar Anzali and Roodsar stations were 0.001-0.009 and 0.0009-0.006 mg/kg, respectively.

Conclusion: The observed EDI and EWI of Pb in the kutum from Bandar Anzali and Roodsar stations were lower than stipulated guidelines by the FAO/WHO Joint Expert Committee and therefore, were not considered to pose adverse effects to consumers.

Keywords: *Rutilus frisii kutum*, lead, estimated daily/weekly intake (EDI/EWI), Bandar Anzali, Roodsar

بررسی غلظت سرب در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) سواحل

دریای خزر (مطالعه موردی: بندر انزلی و رودسر)

یونس یعقوبزاده^۱

مریم حسین نژاد^۱

گلنار اسدی شیرین^۲

محدثه پورعلی^۳

چکیده

سابقه و هدف: فراورده‌های دریایی به رغم برخورداری از پروتئین و مواد معدنی با کیفیت بالا و اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر، به دلیل قرار گرفتن در معرض انواع آلاینده‌ها به خصوص فلزات سنگین، نگرانی‌هایی را در ارتباط با سلامت و بهداشت آن‌ها برای جوامع مصرف کننده پدید آورده است. این مطالعه به منظور سنجش میزان سرب تجمع یافته در ماهی سفید به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین انواع ماهی و تعیین مقادیر جذب روزانه (EDI یا Estimated daily intake) و هفتگی (EWI یا Estimated weekly intake) جهت مقایسه با مقادیر جذب قابل تحمل روزانه و هفتگی (TDI/TWI یا Tolerable daily intake/ Tolerable weekly intake) انجام شد.

مواد و روش‌ها: ۴۰ عدد ماهی سفید از صیدگاه‌های دو منطقه بندر انزلی و رودسر در زمستان ۱۳۹۰ برداشت گردید که پس از آماده‌سازی و هضم شیمیایی نمونه‌ها، میزان سرب با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل SHIMADZU AA/۶۸۰ اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت سرب (میانگین \pm انحراف معیار) در ماهی سفید در ایستگاه بندر انزلی و رودسر به ترتیب $۰/۵۴ \pm ۲/۵۵$ و $۰/۲۵ \pm ۱/۶۶$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک به دست آمد. مقادیر جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) فلز سرب در ایستگاه بندر انزلی به ترتیب $۰/۰۰۱$ و $۰/۰۰۹$ میلی‌گرم بر کیلوگرم و برای ایستگاه رودسر $۰/۰۰۹$ و $۰/۰۰۶$ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد.

استنتاج: مقادیر جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) فلز سرب در ماهی سفید در دو منطقه مورد مطالعه از مقادیر جذب قابل تحمل روزانه ($TDI = ۰/۲۴$) و هفتگی ($TWI = ۱/۶۸$) تعیین شده توسط کمیته مشترک FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/ World Health Organization) بسیار کمتر بود. بنابراین مصرف ماهی سفید تهدیدی از جهت فلز سرب برای سلامتی انسان ندارد.

واژه‌های کلیدی: ماهی سفید، سرب، مقدار جذب روزانه، مقدار جذب هفتگی، ایران

مقدمه

آتشفشان‌ها) و فعالیت‌های انسانی (سوخت‌های فسیلی، فاضلاب‌های صنعتی، بهره‌برداری از معادن، مکان‌های دفع زباله، صنایع پتروشیمی، باطری‌سازی و رنگ‌سازی) صورت می‌گیرد (۱).

فلز سرب از نظر کمی در قیاس با سایر عناصر سنگین، بیش از همه در محیط‌های آبی پراکنش دارد و دارای ترکیبات متنوع و گسترده‌ای است که هر کدام از آن‌ها از نظر قابلیت

در میان فلزات سنگین، فلز سمی سرب به واسطه چرخه اقیانوسی و اتمسفری از گستره انتشار وسیعی در محیط زیست برخوردار است. به گونه‌ای که می‌توان اثرات آن را از یخ‌های قطبی تا رسوبات اعماق دریاها ردیابی کرد. انتشار سرب در محیط زیست از طریق فرایندهای طبیعی (فرسایش و آبشویی خاک‌های حاوی سولفید، کربنات و سولفات سرب، فعالیت

E-mail: y.yaghobzadeh@mohaddes.ac.ir

مؤلف مسئول: یونس یعقوبزاده - نور: خیابان شهید شیخ فضل‌اله نوری، پردیس دانشگاهی علامه محدث نوری، گروه محیط زیست.

۱. مربی، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، مؤسسه آموزش عالی علامه محدث نوری، نور، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

۳. دانش‌آموخته کارشناسی مهندسی منابع طبیعی محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، مؤسسه آموزش عالی علامه محدث نوری، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۲/۴/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۷/۳

بیشتر آلاینده‌ها از جمله هیدروکربن‌های نفتی از سمت کشورهای روسیه، قزاقستان و آذربایجان به سمت ایران پیشروی می‌کند. در مجموع، سالیانه به طور متوسط ۳۴ تن سرب از منابع مختلف به ویژه منابع نفتی وارد دریای خزر می‌شود (۶).

ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) گونه‌ای بومی و دارای ارزش‌های اکولوژیک، اقتصادی و غذایی است که در سال بیش از نیمی از صید ماهیان استخوانی را به خود اختصاص می‌دهد. در سالیان اخیر، برداشت بی‌رویه از ذخایر آن و دگرگونی مناطق تخم‌ریزی این ماهی در رودخانه‌ها و تالاب‌ها و همچنین تحت تأثیر قرار گرفتن با انواع مختلفی از آلاینده‌ها موجب شده است که ذخایر این ماهی روند کاهشی داشته باشد (۷).

به دلیل گستردگی انتشار سرب نسبت به سایر فلزات سنگین، این فلز همواره در آبریان مورد سنجش قرار می‌گیرد و برای نشان دادن مخاطرات ناشی از آن با استانداردهای مرجع سازمان‌های جهانی مقایسه می‌شود. غلظت سرب در طول سواحل استان مازندران توسط الصاق (۸) مطالعه شد که نشان داد میزان تجمع این فلز در ماهی سفید بالاتر از حد استاندارد است. میانگین غلظت این فلز در مطالعه شهریار و همکاران (۹) در استان گلستان بر روی ماهی سفید کمتر از حد استاندارد گزارش شد. با توجه به حجم ورودی فلز سمی سرب به دریای خزر، بررسی غلظت سرب در آبریان این بوم‌سازگان به منظور آگاهی از خطرات بهداشتی ناشی از مصرف ماهیان در جوامع انسانی ضروری است. در این راستا، این تحقیق به بررسی غلظت فلز سمی سرب در ماهی سفید در سواحل بندر انزلی و رودسر در استان گیلان از طریق مقایسه با میانگین غلظت سرب در مطالعات مشابه در طی سال‌های گذشته و مقایسه آن با استانداردهای تعیین شده توسط WHO (World health organization)، FDA (Food and drug administration) و سازمان خواروبار جهانی (Food and agriculture organization) پرداخت. همچنین مقادیر جذب روزانه (Estimated daily intake) یا EDI و هفتگی (Estimated weekly intake) یا EWI بر

انحلال در آب و سمیت متفاوت هستند. تبدیل سرب معدنی به اشکال آلی (تترائیل و تترامیل) توسط باکتری‌های موجود در رسوبات، نخستین مرحله ورود سرب به زنجیره غذایی است. این فلز قادر به بزرگ‌نمایی (Biomagnification) و انتقال زیستی (Biotransformation) در موجودات زنده است و در نهایت، در گونه‌های رأس هرم غذایی تغلیظ می‌یابد. بروز اختلالات رفتاری، گوارشی، کلیوی، تولید مثلی و گردش خون از مهم‌ترین پیامدهای در معرض قرارگیری موجودات زنده به فلز سمی سرب می‌باشد (۲).

با وجود هشدار اداره غذا و دارو (Food and drug administration) و برخی از سازمان‌های جهانی مانند بهداشت جهانی (World Health Organization) و حفاظت محیط زیست آمریکا (Environmental protection agency) مبنی بر عدم مصرف ماهیانی که غلظت فلزات سنگین در آن‌ها بالاتر از حد مجاز تعیین شده است، اما این سازمان‌ها اذعان دارند که مصرف میزان متوسطی از ماهیان به دلیل داشتن اسیدهای چرب ضروری نظیر امگا ۳ اثر معنی‌داری بر حفظ سلامتی انسان‌ها دارند. چون بدن انسان قادر به سنتز اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر (امگا ۳ و امگا ۶) نیست و با توجه به نقش مهم آن‌ها در بدن، ضروری است که این ماده ارزشمند از منابع غذایی تأمین شود. اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر با کاهش میزان تری‌گلیسریدها، کلسترول و لیپوپروتئین‌های با دانسیته پایین در سرم خون انسان از بروز بیماری‌های قلبی-عروقی ممانعت به عمل می‌آورند؛ همچنین در کارکرد صحیح سیستم‌های عصبی، تولید مثلی و فرایندهای بیوشیمیایی نقش حیاتی دارند (۴، ۳).

دریای خزر سهم عمده‌ای در تأمین منابع شیلاتی کشور دارد. اما در طی دهه‌های گذشته، به دلیل ورود پساب و پسماند واحدهای صنعتی، خدماتی و رفاهی مستقر در سواحل، بنادر و آلاینده‌های دارای منشأ انسانی از طریق رودخانه‌های متعددی که به دریا منتهی می‌شوند، وضعیت بهداشتی این دریا نامطلوب گزارش شده است (۵). همچنین به دلیل شیب دریای خزر،

نیتریک ۱۰ درصد به حجم رسانده شد (۱۱) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل SHIMADZU AA/۶۸۰ (ساخت کشور ژاپن) در پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی کشور در بندر انزلی، غلظت سرب در بافت عضله ماهیان صید شده تعیین گردید. حد تشخیص دستگاه (LOD یا Limit of detection) برای سرب ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. به منظور تهیه استاندارد و محدوده غلظت سرب، آنالیز مقدماتی انجام و استاندارد مورد نیاز تهیه گردید. برای تعیین کنترل کیفی، بازیابی صورت گرفت که بر اساس آن بازیابی دستگاه در محدوده قابل قبول ۱۰۵ درصد سنجش شد.

داده‌های حاصل از این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ (version 17, SPSS Inc., Chicago, IL) تجزیه و تحلیل شد. پس از بررسی طبیعی بودن داده‌ها، جهت مقایسه غلظت سرب در بین دو ایستگاه و همچنین مقایسه آن با میزان استانداردهای جهانی از آزمون‌های آماری t استفاده گردید. ضریب اطمینان مطالعه ۹۵ درصد ($\alpha = 0/05$) تعیین شد.

مقادیر جذب روزانه (EDI) و هفتگی (EWI) از رابطه ۱ به دست آمد. مقدار جذب روزانه قابل تحمل (TDI) و هفتگی قابل تحمل (TWI) فلز سرب که از سوی کمیسیون مشترک FAO/WHO تعیین شده بود، به ترتیب ۰/۲۴ و ۱/۶۸ میلی‌گرم برای فردی با وزن ۶۸ کیلوگرم بود (۱۰). متوسط سرانه مصرف ماهی در کشور ۹-۷/۵ کیلوگرم در سال می‌باشد که در استان‌های مختلف این میزان متغیر است؛ به گونه‌ای که در برخی از استان‌ها این میزان به زیر ۴ کیلوگرم و در معدود استان‌هایی مانند استان گیلان، سرانه مصرف ماهی به ۱۴ کیلوگرم می‌رسد (۱۳، ۱۲). با توجه به موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه، در این تحقیق از آمار سرانه مصرف ماهی در استان گیلان استفاده گردید.

$$EDI \text{ or } EWI \text{ (mg/kg)} = [\text{Metal concentration} \times \text{Daily or Weekly food intake}] \div \text{average body weight}$$

یافته‌ها

نتایج حاصل از زیست‌سنجی ۴۰ عدد ماهی سفید (۲۰ نمونه از ایستگاه بندر انزلی و ۲۰ نمونه از ایستگاه رودسر) و

اساس مقادیر قابل تحمل روزانه (Tolerable daily intake) یا TDI) و هفتگی (Tolerable weekly intake یا TWI) که توسط کمیسیون مشترک FAO/WHO (Food and agriculture organization/ World health organization) تعیین شده است، محاسبه گردید. مقادیر جذب روزانه یا هفتگی (Estimated daily intake/ Estimated weekly intake) یا EDI/EWI) برآوردی از یک ماده با تأثیرات نامطلوب (مانند فلزات سنگین، سموم شیمیایی یا مواد آلی پایدار) در غذا یا آب بر حسب وزن بدن است که می‌تواند بدون خطرات بهداشتی محسوس روزانه دریافت نماید (۱۰).

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی میزان سرب تجمع یافته، تعداد ۴۰ عدد ماهی سفید از صید صیادان بندر انزلی و رودسر در استان گیلان (از هر منطقه ۲۰ عدد) در زمستان ۱۳۹۰ تهیه گردید. انتخاب نمونه‌ها به طور تصادفی بود. سپس اطلاعات زیست‌سنجی نمونه‌ها (طول کل ماهیان با دقت ۰/۵ سانتی‌متر و وزن ماهیان با دقت ۲۰ گرم) ثبت شد. نمونه‌ها در داخل کیسه‌های استریل شده پلی اتیلنی کدگذاری شدند و با حفظ دمای مناسب در یخدان، بلافاصله به آزمایشگاه پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی کشور در بندر انزلی منتقل گردیدند.

در مرحله هضم شیمیایی و سنجش، پس از جداسازی عضله و شستشو با آب دو بار تقطیر، با همزن برقی مخلوط و مقداری از مخلوط همگن به دست آمده در آن با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت به طور کامل خشک گردید. سپس مقدار ۰/۵ گرم از بافت خشک شده که به طور کامل پودر شده بود، توزین شد و به داخل ظروف پلی اتیلنی ریخته شد. سپس مخلوط اسید نیتریک ۶۵ درصد (Merck) و اسید پرکلریک ۷۰ درصد (Merck) به نسبت ۴ به ۱ به آن اضافه گردید. در مرحله بعد، در حمام بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا زمانی که نمونه‌ها حالت ژله‌ای پیدا کردند. محلول باقی‌مانده حاصل از هضم هر یک از نمونه‌ها به بالن حجم سنجی ۲۵ میلی‌متری منتقل و با اسید

وجود، مطابق با سرانه مصرف ۳۸ گرم در روز و ۲۶۶ گرم در هفته ماهی در استان گیلان، مقادیر EDI و EWI فلز سرب به ترتیب کمتر از مقدار جذب روزانه قابل تحمل (TDI) و جذب روزانه هفتگی قابل تحمل (TWI) به دست آمد.

بحث

فلز سمی سرب پس از ورود به زنجیره غذایی در محیط‌های آبی نه تنها موجب بروز اثرات نامطلوب رفتاری، ناهنجاری‌های تولید مثلی، کاهش بقا، نرخ رشد و فعالیت‌های متابولیسمی آبیان می‌شود، بلکه برای جوامع انسانی مصرف کننده آن فراورده‌های دریایی نیز مخاطره آمیز است. بروز مشکلات عصبی، آسیب‌های کلیوی، کاهش سنتز هموگلوبین و کم خونی از عوارض قرار گرفتن انسان در معرض سرب است (۱، ۲). به همین دلیل، امروزه اهمیت اندازه‌گیری و

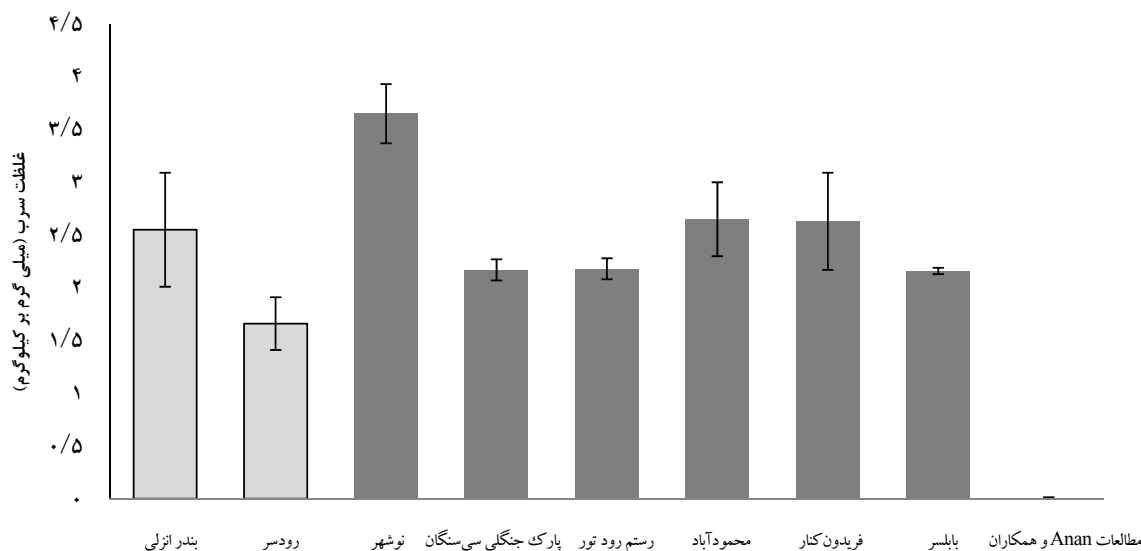
همچنین غلظت فلز سرب در بافت عضله بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در جدول شماره ۱ آمده است.

میزان سرب تجمع یافته در بافت عضله ماهی سفید در ایستگاه بندر انزلی بین مقادیر ۳/۳۲-۱/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و در ایستگاه رودسر بین ۲/۶۸-۱/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک متغیر بود. همچنین مقایسه میانگین فلز سرب در بافت‌های عضله ماهی سفید ایستگاه بندر انزلی با ایستگاه رودسر نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) در بین این دو ایستگاه است (نمودار شماره ۱).

غلظت سرب در ۸۵ درصد از کل نمونه‌های صید شده در ایستگاه بندر انزلی که دارای وزنی بین ۱۴۸۰-۷۵۴ گرم بودند، بالاتر از حد استاندارد WHO بود. در نمونه‌های صید شده از ایستگاه رودسر نیز که دارای دامنه وزنی ۹۱۲-۵۲۴ گرم بودند، ۱۷ درصد از نمونه‌ها از این استانداردها بالاتر بودند. با این

جدول ۱: نتایج حاصل از زیست‌سنجی و سنجش سرب در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*)

ایستگاه‌ها	متغیرها	وزن (گرم)	طول کل (سانتی‌متر)	غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	
				حداقل	حداکثر
بندر انزلی	۱۱۳۱/۴۵ ± ۱۷۵/۸۷	۴۷/۰۱ ± ۵/۲۶	۱/۶۸	۳/۴۲	۲/۵۵ ± ۰/۵۴
رودسر	۷۹۶/۲۵ ± ۱۲۱/۳۷	۴۳/۳۲ ± ۸/۸۲	۰/۹۸	۲/۳۵	۱/۶۶ ± ۰/۲۵



نمودار شماره ۱: مقایسه غلظت سرب در بافت عضله ماهی سفید سواحل دریای خزر در مطالعه حاضر (ایستگاه‌های بندر انزلی و رودسر)، مطالعه الصاق (ایستگاه‌های نوشهر، سی‌سنگان، رستم‌رود، محمودآباد، فریدون کنار و بابلسر)، مطالعات Anan و همکاران (میانگین مجموع ۵ ایستگاه تالش، بندر انزلی، نوشهر، بابلسر و بندر ترکمن)

سنجش سرب در بافت‌های خوراکی ماهیان به دو مبحث مهم در مدیریت اکوسیستم و سلامت غذایی انسان‌ها باز می‌گردد. در این مطالعه، میانگین غلظت فلز سرب در بافت عضله ماهی سفید در ایستگاه بندر انزلی و رودسر به ترتیب $0/54 \pm 2/55$ و $0/25 \pm 1/66$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک به دست آمد که نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت سرب در دو ایستگاه مورد مطالعه است. میانگین غلظت سرب به دست آمده (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) از ماهی سفید در ایستگاه بندر انزلی در قیاس با ایستگاه‌های مطالعه شده سی‌سنگان ($0/10 \pm 2/17$)، رستم‌رود ($0/10 \pm 2/18$) و بابلسر ($0/02 \pm 2/16$) بیشتر بود، در حالی که در قیاس با ایستگاه نوشهر ($0/28 \pm 3/65$) در استان مازندران (۸) کمتر بود. اما میانگین غلظت سرب در ایستگاه رودسر کمتر از ایستگاه‌های پیش‌گفته به دست آمد. ضمن این که میانگین غلظت سرب در دو ایستگاه بندر انزلی و رودسر، بیش از میانگین سرب به دست آمده در ماهی سفید صید شده از خلیج گرگان ($0/08$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در استان گلستان (۹) و مطالعه Anan و همکاران (۱۴) بر روی ماهی سفید از مجموع سواحل تالش، بندر انزلی، نوشهر، بابلسر و بندر ترکمن ($0/06 \pm 0/08$) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک است (نمودار شماره ۱).

این اختلاف‌های معنی‌دار در مطالعات مختلف ممکن است از یک سو متأثر از تفاوت در میزان بار آلاینده‌های وارد شده به سواحل در مکان‌ها و زمان‌های مختلف باشد و از طرف دیگر، ناشی از اختلاف در تعداد نمونه‌ها، فصول نمونه‌برداری و روش‌های مختلف هضم شیمیایی نمونه‌ها باشد. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با گونه‌های دیگر صید شده از سواحل دریای خزر نشان می‌دهد که نسبت غلظت فلز سرب در ماهی سفید با سایر ماهیان در نوسان می‌باشد که نشأت گرفته از اختلاف در رفتارهای تغذیه‌ای و فعالیت‌های متابولیکی آن‌ها است. میانگین غلظت سرب در کفاله‌های طلایی $3/01$ ، قره برون $1/35$ (۱۵)، کپور و کفال به ترتیب $0/014$ و $0/018$ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۹) به دست آمد.

مقایسه میانگین غلظت سرب در این مطالعه و سایر

تحقیقات به عمل آمده از سواحل دریای خزر نشان دهنده بالا بودن غلظت این فلز در قیاس با برخی از ماهیان خلیج فارس است. غلظت سرب در ماهیان با ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای مانند سرخو و شوریده (۱۶)، ماهی یلی و حلوا سفید (۱۵) در حاشیه شمالی خلیج فارس به ترتیب $0/44$ ، $0/48$ ، $1/3$ و $0/29$ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است. این تفاوت غلظت فلز سرب در دو بوم‌سازگان می‌تواند مرتبط با خصوصیات هیدروگرافیک منحصر به فرد دریای خزر باشد؛ بدین ترتیب که به دلیل محصور بودن این بوم‌سازگان، زمان ماندگاری آلاینده‌های مختلف ورودی بسیار طولانی است؛ به گونه‌ای که تصفیه آلاینده‌ها به کندی صورت می‌گیرد؛ به همین دلیل دریای خزر از نظر اکولوژیک موقعیت حساس و آسیب‌پذیری دارد. سن و جنس، محل رشد (زیستگاه)، فصل صید و خصوصیات فیزیوشیمیایی آب از عوامل مؤثر در میزان تجمع سرب در گونه‌ها است (۱۴، ۲).

با توجه به نقش مهم ماهی سفید در تغذیه مردم منطقه و لزوم اطمینان از سلامتی آن، مقایسه غلظت تجمع سرب در بافت عضله این ماهی با استانداردهای جهانی ضروری است. بررسی‌ها نشان داد که میانگین غلظت سرب در ایستگاه بندر انزلی بالاتر از استانداردهای WHO (۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، FAO (۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و FDA (۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. از طرفی، میانگین غلظت سرب در ایستگاه رودسر کمتر از حد آستانه تعیین شده WHO به دست آمد. مطالعه شکرزاده و سعیدی ساروی (۱۶) بر روی ماهی سفید در ۴ ایستگاه سواحل شرقی، سواحل غربی، ساحل گرگان و تالاب گمی‌شان در استان گلستان نیز نشان داد که میزان سرب کمتر از استانداردهای جهانی مانند اتحادیه اروپا است. بالا بودن میزان سرب در ایستگاه بندر انزلی از استانداردهای موجود، به عنوان یک هشدار قلمداد می‌شود. ورود مشتقات نفتی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری، روغن‌های مستعمل و سوخته شناورها و رهاسازی سرب از رنگ بدن کشتی‌ها، می‌تواند به عنوان مهم‌ترین عوامل پراکنش سرب در دریای خزر محسوب شود (۱۸، ۱۷).

EDI و EDI فلز سرب کمتر از مقادیر TDI و TWI می‌باشد. Mukherjee و Bhupander (۲۱) به بررسی فلزات سمی کادمیوم، جیوه و آرسنیک در ماهیان مصرفی هند پرداختند و در نهایت، مقادیر EDI و EDI فلزات را کمتر از مقادیر TDI و TWI گزارش کردند.

با وجود بالا بودن غلظت سرب در ایستگاه بندر انزلی و رودسر از برخی استانداردهای بین‌المللی، نتیجه کلی این تحقیق بر اساس راهنمای تعیین شده میزان دریافت قابل تحمل روزانه و هفتگی توسط کمیته مشترک FAO/WHO نشان داد که مصرف ماهی سفید تهدیدی از جهت فلز سرب برای سلامتی انسان نمی‌باشد. پیشنهاد می‌شود فلزات سنگین دیگر مانند کادمیوم و جیوه نیز جهت تعیین مقادیر EDI و EDI در ماهی سفید مطالعه شود. علاوه بر این گونه‌های دیگر آبرزی که در سبد غذایی مردم جای دارند، نیز مورد بررسی قرار گیرند.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب تشکر و امتنان خود را از پژوهشکده آبرزی پروری آب‌های داخلی کشور در بندر انزلی برای فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی و آقای مهندس بابایی ابراز می‌دارد.

از آن جایی که مقادیر جذب روزانه یا هفتگی (EDI/EWI) به عنوان میزان دریافت قابل تحمل در طول عمر تلقی می‌شوند، تماس کوتاه مدت با مقادیر متجاوز از EDI/EWI موجب نگرانی نیست، به شرط آن که متوسط میزان دریافت در دوره‌های زمانی طولانی‌تر، به مقدار قابل توجهی از میزان تعیین شده تجاوز نکند. سرب تمایل بالایی برای ترکیب با آمینواسیدهای سولفوردار دارد و در غلظت‌های پایین سبب کاهش فعالیت آنزیم پروفوبیلینوزن سنتتاز (آنزیم مسؤل سنتز خون در مرحله تبدیل اسید آمینولولینک به پروفوبیلینوزن) می‌گردد. به همین دلیل، کمیته مشترک FAO/WHO میزان دریافت قابل تحمل روزانه و هفتگی (TDI/TWI) سرب برای یک فرد با وزن ۶۸ کیلوگرم را به ترتیب ۰/۲۴ و ۱/۶۸ میلی‌گرم به عنوان حد آستانه آن آلاینده تعیین کرده است (۱۴، ۲). با توجه به میانگین غلظت فلز سرب در این مطالعه و رابطه ۱، مقادیر EDI و EDI فلز سرب در ایستگاه بندر انزلی به ترتیب ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و برای ایستگاه رودسر ۰/۰۰۹ و ۰/۰۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که از مقادیر جذب قابل تحمل روزانه و هفتگی (TDI/TWI) کمتر است.

نتایج این مطالعه، مشابه نتایج گزارش شده شریعتی و شریعتی (۱۹) است. Sepe و همکاران (۲۰) با مطالعه فلزات سنگین در ماهیان مصرفی ایتالیا مشخص کردند که مقادیر

References

- Esmaili Sari A. Pollution Health and Environmental Standards. 1st ed. Tehran, Iran: Naghsh-e-Mehr Publications; 2002. (Persian).
- Dogan-Saglamtimur N, Kumbur H. Metals (Hg, Pb, Cu, and Zn) bioaccumulation in sediment, fish, and human scalp hair: a case study from the city of Mersin along the southern coast of Turkey. Biol Trace Elem Res 2010; 136(1): 55-70.
- Dural M, Goksu MZI, Ozak AA. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry 2007; 102(1): 415-21.
- Lauritzen L, Hansen HS, Jorgensen MH, Michaelsen KF. The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. Prog Lipid Res 2001; 40(1-2): 1-94.
- Hosseini SV, Behrooz RD, Esmaili-Sari A, Bahramifard N, Hosseini SM, Tahergorabi R, et al. Contamination by organochlorine compounds in the edible tissue of four sturgeon species from the Caspian Sea (Iran). Chemosphere 2008; 73(6): 972-9.
- Ozone Research and Information Center Of Iran. Reduce Negative Effects of pollutants on the ecological balance of the Caspian Sea [Online]. [cited 2013]; Available from: URL: <http://ozoncenter.ir/?p=3023/> (Persian).
- Heyrati FP, Mostafavi H, Tolooee H, Dorafshan S. Induced spawning of kutum, *Rutilus frisii kutum* (Kamenskii, 1901) using (D-Ala6, Pro9-NET) GnRH α combined with domperidone. Aquaculture 2007; 265(1-4): 288-93.
- Elsagh A. Determination of some heavy metals in *Rutilus frisii kutum* and *Cyprinus carpio* fillet from south Caspian Sea. Journal of Veterinary Medicine (Research and Development) 2010; 23(4): 33-44. (Persian).
- Shahryari A, Golfirozy K., Noshin S. Muscular

- concentration of cadmium and lead in carp, mullet and kutum of the gorgan bay, Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal 2010; 19(2): 95-100. (Persian).
10. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Safety evaluations of certain food additives and contaminants. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1998.
 11. ASTM D4638 - 11. Standard guide for preparation of biological samples for inorganic chemical analysis. Berlin, Germany: Annual Book of ASTM Standards; 1985. p. 740-4.
 12. Matlabi M, Sharifirad Gh, Mostavafi F, Mohebi S, Azadbakht L. Factors affecting fish consumption based on structures of health education. J Health Syst Res 2012; 8(4): 523-36. (Persian).
 13. The Ministry of Interior of the Islamic Republic of Iran. Fish consumption in Iran [Online]. [cited 2011]; Available from: URL: <http://www.moi.ir/>
 14. Anan Y, Kunito T, Tanabe S, Mitrofanov I, Aubrey DG. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. Mar Pollut Bull 2005; 51(8-12): 882-8.
 15. Tatina M, Oryan Sh, Gharibkhani M. Surveying the amount of heavy metals (Ni, Pb, Cd & V) accumulation derived from oil pollution on the muscle tissue of pelates quadrilineatus from the Persian gulf. Marine Biology 2009; 1(3): 28-39. (Persian).
 16. Shokrzadeh M, Saeedi Saravi SS. The study of heavy metals (lead, cadmium, and chromium) in three species of most consumed fish sampled from Gorgan coast (Iran), 2008. Toxicological & Environmental Chemistry 2010; 92(1): 71-3.
 17. Shahryary A. Determination of heavy metals (Cd, Cr, Pb, Ni) in edible tissues of Lutjans Coccineus and Tigeratooh Croaker In the Persian Gulf-2003. J Gorgan Uni Med Sci 2005; 7(2): 65-7. (Persian).
 18. Askary-Sary A, Velayatzadeh M, Beheshti M, Khodadadi M. Determination of heavy metals in *Liza abu* from Karkheh and Bahmanshir Rivers in Khoozestan from Iran. Iranian Scientific Fisheries Journal 2011; 20(2): 131-40. (Persian).
 19. Shariaty F, Shariaty S. Heavy metals and metalotionin in Kuttum from Caspian Sea. Proceedings of the 16th National Conference on Environmental Health; 2013 Oct 1-3; Tabriz, Iran; 2013. (Persian).
 20. Sepe A, Ciaralli L, Ciprotti M, Giordano R, Funari E, Costantini S. Determination of cadmium, chromium, lead and vanadium in six fish species from the Adriatic Sea. Food Addit Contam 2003; 20(6): 543-52.
 21. Mukherjee DP, Bhupander K. Assessment of arsenic, cadmium and mercury level in commonly consumed coastal fishes from Bay of Bengal, India. Food Science and Quality Management 2012; 2: 19-30.