

سنجش تجمع فلزهای (جیوه، کادمیوم و سرب) در بافت عضله ماهی شوریده در بندر بوشهر

سیده زهرا خلیلی پور لنگرودی^{۱*}، محمدرضا محمد شفیع^۲ و مزگان امتیازجو^۳

۲، ۳- دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

چکیده

در این تحقیق غلظت عناصر سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در بافت عضله ماهی شوریده در بندر بوشهر اندازه‌گیری شده است. هدف از این مطالعه ارزیابی سلامتی ماهی برای مصارف انسانی می باشد. تعداد ۱۸ نمونه ماهی شوریده طی دو فصل زمستان ۸۸ و تابستان ۸۹ از بندر بوشهر گرفته شد و پس از جداسازی بافت عضله و هضم آن، با استفاده از دستگاه جذب اتمی، مدل Varian-AA 100 میزان عناصر سنگین در آنها اندازه‌گیری گردید. تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS V.17 صورت پذیرفته است. میانگین غلظت جیوه، کادمیوم و سرب به ترتیب ۰/۰۶۸۹، ۰/۰۱۰۰ و ۰/۰۵۵۸ میکروگرم بر گرم بر حسب وزن خشک بود. میزان تجمع عناصر جیوه و کادمیوم در عضله ماهی شوریده و اندازه و وزن ماهی در فصل زمستان دارای همبستگی معنی داری بود، در حالی که در غلظت فلز سرب و اندازه و وزن ماهی همبستگی معنی دار $P \geq 0.05$ مشاهده نگردید. همچنین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی شوریده در فصل زمستان و تابستان دارای اختلاف معنی داری نمی باشد و نیز تجمع فلز سرب در ماهیان جنس نر و ماده دارای تفاوت معنی داری بود. غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در عضله ماهی شوریده از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی کمتر بوده و ترتیب تجمع فلزات مورد بررسی در عضله این ماهی به صورت $Hg > Pb > Cd$ می باشد.

واژگان کلیدی: فلزهای سنگین، ماهی شوریده، بندر بوشهر، جذب اتمی

*مسئول مکاتبه: g.khalilipour@yahoo.com

مقدمه

توسعه صنعتی، باعث افزایش روزافزون عناصر سنگین به محیط زیست مخصوصاً محیط زیست دریایی می شود. بسیاری از عناصر سمی در زنجیره غذایی تجمع زیستی پیدا کرده و در نهایت توسط مصرف کنندگان مواد غذایی دریایی جذب می شوند. از این رو اندازه‌گیری و بررسی این فلزات در ماهی‌هایی که مصرف غذایی عمده‌تری دارند، از اهمیت خاصی برخوردار می باشد (Agah et al., 2008). مصرف غذا یکی از راه‌های مهم ورود فلزات سنگین به بدن می باشد. مصرف غذای حاوی فلزات سنگین در دراز مدت، حتی در غلظت‌های پایین می تواند اثرات زیانباری را به دنبال داشته باشد (Tuzen & Soylak, 2007). در میان مواد غذایی، ماهی دائماً در معرض فلزات سنگین موجود در آب قرار دارد. این فلزات با توجه به اندازه و سن ماهی در مقادیر متفاوتی در بافت ماهی تجمع می یابند (Marijic & Raspor, 2007). که این امر سبب گردیده، ماهی به عنوان یک نشانگر زیستی جهت بررسی آلودگی فلزات سنگین در محیط دریایی شناخته می شود (Keskin et al., 2007). مصرف ماهی در میان مردم جهان به علت داشتن مقادیر پروتئین بالا، اسیدهای چرب اشباع شده‌ی پایین و همچنین میزان امگای بالا، بسیار محبوب می باشد (Tuzen & Soylak, 2007). آلاینده‌های متعددی از طریق فعالیت‌های انسانی به سیستم آبی (رودخانه، دریاچه، اقیانوس و غیره) وارد شده که بسیاری از آنها مانند فلزات جیوه، کادمیوم و سرب سمی بوده و به راحتی تجزیه نمی شوند (Ganjavi et al., 2010). جیوه در محیط زیست دریایی در فرم آلی و معدنی یافت می شود. فرم آلی جیوه که عمدتاً به صورت متیل جیوه می باشد، در موجودات دریایی تجمع یافته و در زنجیره غذایی

بزرگنمایی زیستی پیدا می کند (Agah et al., 2009). جیوه تنها فلزی است که در تمامی مراحل زنجیره‌ی غذایی تجمع یافته و در نهایت باعث آلودگی ماهی و انسان می شود. یکی از نمونه‌های قابل ذکر آلودگی جیوه در تاریخ در میناماتای ژاپن رخ داده است. به طوری که فاضلاب حاوی جیوه‌ی معدنی در فواصل سال‌های ۱۹۳۲ تا ۱۹۶۶ از طریق کارخانه‌ی Chisso وارد دریای Shiranui شد و توسط اکوسیستم دریایی به متیل جیوه تبدیل گردید و متعاقباً توسط ساحل‌نشینان آن منطقه مصرف شد (Maggi et al., 2009). جذب فلزات در ماهی عمدتاً از طریق لوله‌ی گوارش و سطح آبشش صورت می گیرد. سپس فلزات از طریق خون به سایر اندام‌ها مانند کبد و کلیه منتقل می شوند (Türkmen et al., 2009). در مقایسه با سایر انواع آلودگی‌های سیستم آبی، فلزات سنگین کمتر قابل رؤیت بوده اما تأثیراتی که روی اکوسیستم و انسان می گذارند، بسیار شدید می باشد (Edem et al., 2008). تجمع فلزات سنگین در بافت موجودات زنده به طور غیر مستقیم به میزان و نوع ترکیبات فلزات در محیط زیست دریایی بستگی دارد (Edem et al., 2009). شناخته‌شده‌ترین اثرات سمی کادمیوم در انسان بیماری Itai-Itai (بیماری Ouch-Ouch) است. درد استخوانی شدید و در اغلب موارد مرگ از علائم این بیماری است. میزان جذب کادمیوم در بزرگسالان ۵ درصد است و اولین محل ذخیره‌ی آن کلیه‌ها هستند. عواملی مانند ترکیب غذا، میزان آن و وضعیت تغذیه‌ی فرد نیز در میزان جذب کادمیوم خورده شده مؤثرند. کادمیوم عملکرد شناخته شده‌ای در متابولیسم بدن انسان ندارد و چون اثرات آسیب رساننده‌ی آن به خوبی شناخته شده است، بهتر است میزان دریافت آن تا حد امکان پایین باشد. (Mello, 2003). سربی در ماهیچه و استخوان‌ها انتشار می یابد و همیشه مقدار قابل توجهی از آن در استخوان‌ها ذخیره می شود که می تواند جایگزین کلسیم خون گردد. در مواقع بروز تب، سرب موجود در استخوان به سایر اعضا راه می یابد و سبب مسمومیت‌های سربی در اندام‌های بدن می شود. (Johnsen et al., 2000). خانواده‌ی شوریده ماهیان (Scianidae) گروه مهمی از آبزیان تجاری خلیج فارس را شامل می شوند که گونه‌ی مورد مطالعه (*Otolithes ruber*) از اهمیت زیادی، خصوصاً در بازارهای داخلی برخوردار می باشد (Belgvad et al., 1944). پژوهش‌های انجام شده در این رابطه بسیار محدود است. در سال ۱۳۸۲ شهریاری فلزات کادمیوم و سرب را در ماهی شوریده و در سال ۱۳۸۳ Agah و همکارانش ۵ گونه ماهی در خلیج فارس از جمله ماهی شوریده مطالعاتی انجام داده‌اند. Mortazawi در سال ۱۹۹۹ میزان فلزات کادمیوم و سرب را در ماهی شوریده اندازه‌گیری و غلظت این فلزات را زیر حد تشخیص دستگاه بدست آورد. هدف از این تحقیق، در ابتدا اندازه‌گیری فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در بافت عضله‌ی ماهی شوریده بوده و طول استاندارد، وزن شده و هم چنین مقایسه‌ی دو فصل زمستان و تابستان و دو جنس ماده و نر با یکدیگر و در نهایت مقایسه با استانداردهای جهانی حد مجاز مصرف ماهی می باشد. سپس غلظت این فلزات با طول استاندارد و وزن ماهی مقایسه گردید. همچنین میزان تجمع فلزات مورد سنجش در دو فصل زمستان و تابستان و در دو جنس نر و ماده با یکدیگر مقایسه گردید.

مواد و روش

تحقیق انجام شده در ماه‌های بهمن ۱۳۸۸ و شهریور ۱۳۸۹ بر روی ماهیان صید شده از بندر بوشهر با مختصات جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۲ دقیقه‌ی عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه‌ی طول شرقی انجام گرفت. در هر بار نمونه برداری ۹ عدد ماهی صید و انتخاب و پس از بیومتری در ۳ محدوده‌ی اندازه‌ای ۲۷ تا ۳۲ سانتی متر (ماهی کوچک)، ۳۲ تا ۳۷ سانتی متر (ماهی متوسط) و ۴۱ تا ۴۶ سانتی متر (ماهی بزرگ) تفکیک گردید. ماهی‌ها داخل کیسه‌ی پلاستیکی قرار داده شده و در دمای ۳۰- درجه‌ی سانتی گراد تا زمان آنالیز نگهداری شدند.



شکل ۱: عکس ماهواره ای از بندرگاه بوشهر، محل نمونه برداری.

روش آماده سازی نمونه ها

ابتدا تمامی ظروف آزمایشگاهی مورد استفاده با اسید نیتریک و آب مقطر شستشو داده شد تا از هرگونه آلودگی ممانعت گردد. با استفاده از خط‌کش مخصوص بیومتری طول استاندارد، طول کل، طول سر، اندازه‌گیری شد و سپس با ترازو با دقت ۰/۱ وزن گردید. با استفاده از چاقوی ضد زنگ stainless steel ابتدا سر، دم و اعضای داخلی بدن ماهی جدا و جنسیت ماهی نیز تعیین گردید. سپس بافت ماهیچه‌ای آن جدا و در دستگاه فریز درایر جهت خشک کردن قرار داده شد. پس از گذشت ۹۶ ساعت، نمونه‌ها با استفاده از هاون، همگن گردیدند (Moopam, 1999). جهت آنالیز جیوه، ۱ گرم از نمونه داخل ظرف شیشه‌ای مخصوص هضم با حجم نیم لیتر ریخته شد. سپس ۵ میلی لیتر اسید نیتریک (HNO_3) غلیظ به آن اضافه گردید و به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه‌ی سانتیگراد تا شفافیت کامل نمونه قرار داده شد سپس به یک بالن ۲۵۰ میلی لیتری منتقل گردید و با محلول رقیق سازی به حجم رسانده شد. نمونه آماده توسط دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی (Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry) مورد بررسی و آنالیز فلزی قرار گرفت. (AOAC-974.14)

جهت آنالیز کادمیوم و سرب، ابتدا ۱ گرم نمونه‌ی خشک شده، داخل بوته پلاتینی ریخته و در کوره قرار داده و دمای آن ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم گردید. دمای کوره به صورت ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر ساعت افزایش داده شد تا دمای آن به ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برسد. نمونه به مدت ۸ ساعت داخل کوره قرار گرفت. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۶ نرمال (HCl 6M) به آنها اضافه و بوته روی هات‌پلیت قرار داده شد تا اسید آن تبخیر شود. در مرحله بعد ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۱ مولار (HNO₃ 0.1 M) به آن اضافه شد. پس از آن نمونه به بطری پلاستیکی منتقل گردید و با دستگاه جذب اتمی کوره‌ی گرافیتی خوانده شد (AOAC-999.11).

آنالیز نمونه‌ها

به منظور آنالیز فلزات کادمیوم و سرب از دستگاه جذب اتمی کوره‌ی گرافیتی یا Graphite Furnance Atomic Absorption Spectrometry مدل Varian-AA 100 و به منظور سنجش غلظت جیوه از دستگاه جذب اتمی هیدرید یا Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry مدل Varian-AA 100 استفاده گردید. حد تشخیص دستگاه برای جیوه، کادمیوم و سرب به ترتیب: ۰/۰۲۵، ۰/۰۰۲۵ و ۰/۰۰۳ میکروگرم بر گرم بود.

از هر نمونه ۳ تکرار آماده‌سازی و آنالیز گردید و میانگین آنها جهت غلظت نهایی در نظر گرفته شد. به ازای هر ۹ نمونه یک نمونه شاهد انتخاب گردید. جهت اطمینان از مقدار غلظت خوانده شده توسط دستگاه از استاندارد مرجع IAEA-407 استفاده شد. در جدول (۱) مقادیر خوانده شده استاندارد مرجع توسط دستگاه جذب اتمی ارائه گردیده است.

جدول ۱: مقادیر اندازه‌گیری شده استاندارد مرجع.

استاندارد مرجع IAEA-407			
عناصر	غلظت واقعی (μg/g)	غلظت اندازه‌گیری شده (μg/g)	بازده
جیوه	۰/۲۲۲	۰/۲۰۰	۹۰ درصد
کادمیوم	۰/۱۸۹	۰/۱۷۴	۹۲ درصد
سرب	۰/۱۲۰	۰/۱۰۷	۸۹/۱ درصد

جهت آنالیز آماری داده‌های بدست آمده در این مطالعه از نرم افزار SPSS V.17 استفاده شده است.

نتایج

در تمامی نمونه‌های مورد بررسی، محدوده‌ی طول استاندارد از ۲۷ تا ۴۶ سانتی‌متر و محدوده‌ی وزن ماهی‌ها از ۴۹۴ تا ۱۹۸۲ گرم اندازه‌گیری شد. در این مطالعه غلظت تمامی فلزات سنگین اندازه‌گیری شده از حد تشخیص دستگاه بالاتر بود. در جداول (۲) و (۳) داده‌های بدست آمده از بیومتری و در جداول (۴) و (۵) غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در این مطالعه نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج بیومتری ماهی شوریده محدوده بندر بوشهر، زمستان ۱۳۸۸

شماره نمونه	طول کل (cm)	طول استاندارد (cm)	وزن (gr)
۱	۲۹/۵	۲۷	۳۱۵/۶
۲	۳۱	۲۸	۳۵۴/۱
۳	۳۰	۲۷/۵	۳۲۹/۸
۴	۳۸	۳۲/۵	۵۹۰/۰
۵	۳۹	۳۴	۶۷۲/۲
۶	۳۷/۵	۳۳/۵	۵۴۹/۲
۷	۵۲	۴۶	۱۶۹۰/۰
۸	۵۲/۵	۴۶	۱۹۸۲/۲
۹	۴۸	۴۳	۹۹۶/۳
میانگین	۳۹/۷۲	۳۵/۲۷	۸۳۱/۰۴
انحراف استاندارد	۳/۰۴	۲/۵۹	۲۰۴/۰۳

جدول ۳- نتایج بیومتری ماهی شوریده محدوده بندر بوشهر، فصل تابستان ۱۳۸۹

شماره نمونه	طول کل (cm)	طول استاندارد (cm)	وزن (gr)
۱	۳۴	۳۱	۴۹۴/۳
۲	۳۳/۵	۳۰	۴۰۰/۵
۳	۳۵	۳۱	۴۶۶/۱
۴	۳۸	۳۴	۵۳۳/۹
۵	۴۱	۳۷	۶۹۵/۷
۶	۳۸	۳۴/۵	۶۱۷/۲
۷	۴۹/۵	۴۴	۱۱۹۰/۱
۸	۴۶	۴۱	۷۰۶/۴
۹	۴۷	۴۱/۵	۹۶۷/۴
میانگین	۴۰/۲۲	۳۶/۰۰	۶۷۴/۶۲
انحراف استاندارد	۱/۹۹	۱/۷۱	۸۵/۵۶

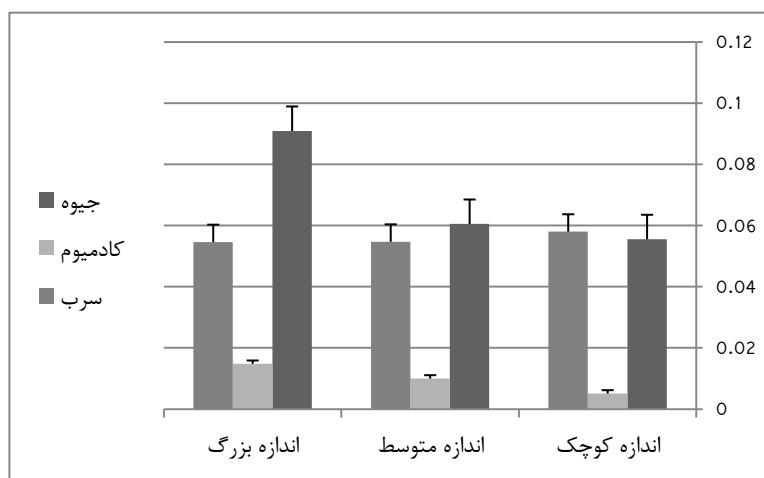
جدول ۴- غلظت فلزات سنگین، در وزن خشک بافت عضله در ماهی شوریده محدوده بندر بوشهر، زمستان ۱۳۸۸

شماره نمونه	سرب ($\mu\text{g/g}$)	کادمیوم ($\mu\text{g/g}$)	جیوه ($\mu\text{g/g}$)
۱	۰/۰۳۲۰	۰/۰۰۴۲	۰/۰۳۷۷
۲	۰/۰۵۹۷	۰/۰۰۳۰	۰/۰۵۴۹
۳	۰/۰۴۵۲	۰/۰۰۷۵	۰/۰۶۳۳
۴	۰/۰۸۱۰	۰/۰۰۷۵	۰/۰۵۲۸
۵	۰/۰۵۰۲	۰/۰۱۳۷	۰/۰۴۳۲
۶	۰/۰۳۸۱	۰/۰۰۷۵	۰/۰۷۵۸
۷	۰/۰۴۲۴	۰/۰۱۸۷	۰/۱۵۶۲
۸	۰/۰۵۶۶	۰/۰۱۲۵	۰/۰۹۹۶

۹	۰/۰۷۲۴	۰/۰۱۰۰	۰/۰۴۳۰
میانگین	۰/۰۷۲۸	۰/۰۰۹۴	۰/۰۴۹۸
انحراف	۰/۰۱۲۱	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۴۸
استاندارد			

جدول ۵- غلظت فلزات سنگین، در وزن خشک بافت عضله در ماهی شوریده محدوده بندر بوشهر، تابستان ۱۳۸۹

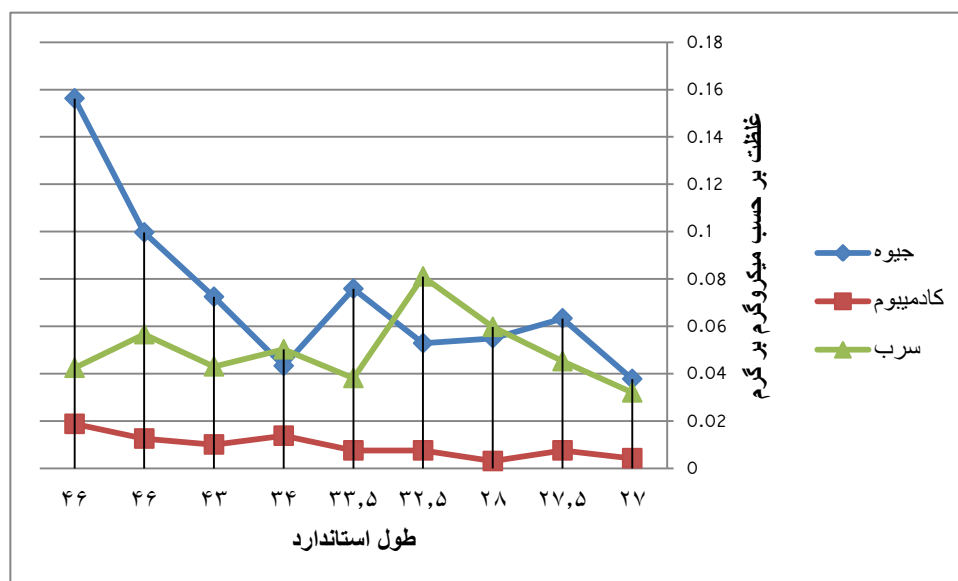
شماره	سرب ($\mu\text{g/g}$)	کادمیوم ($\mu\text{g/g}$)	جیوه ($\mu\text{g/g}$)
۱	۰/۰۷۹۰	۰/۰۰۵۲	۰/۰۴۴۵
۲	۰/۰۶۶۳	۰/۰۰۴۸	۰/۰۶۴۱
۳	۰/۰۶۶۲	۰/۰۰۶۰	۰/۰۶۸۷
۴	۰/۰۴۴۱	۰/۰۱۴۳	۰/۰۶۷۳
۵	۰/۰۵۹۵	۰/۰۰۶۵	۰/۰۵۸۳
۶	۰/۰۵۵۴	۰/۰۱۰۹	۰/۰۶۵۸
۷	۰/۰۶۰۰	۰/۰۱۳۲	۰/۰۷۳۳
۸	۰/۰۵۵۰	۰/۰۱۵۸	۰/۰۵۵۴
۹	۰/۰۷۱۰	۰/۰۱۹۰	۰/۰۸۸۶
میانگین	۰/۰۶۱۸	۰/۰۱۰۶	۰/۰۶۵۱
انحراف	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۴۰
استاندارد			



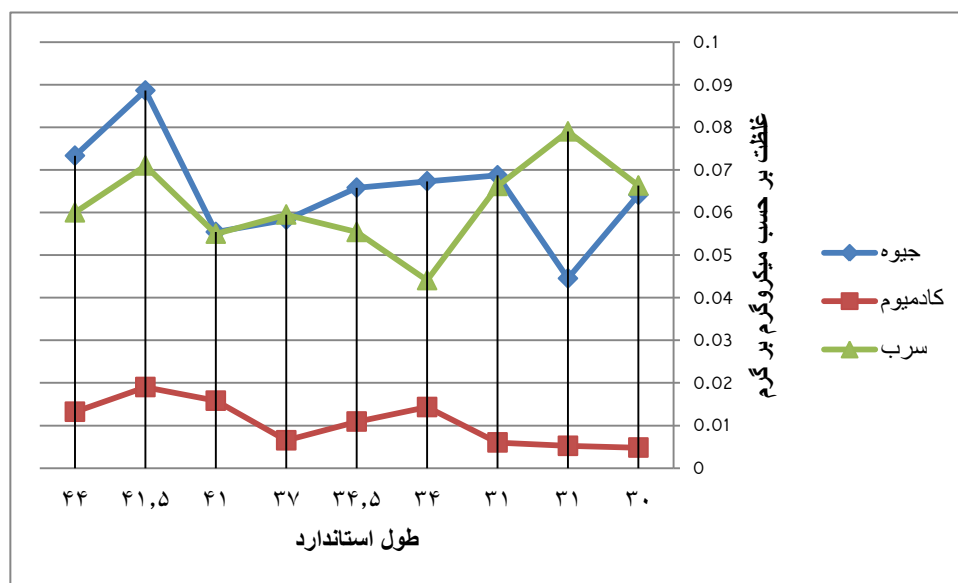
شکل ۲ - میانگین غلظت فلزات سنگین بر حسب میکروگرم در گرم در ماهی شوریده با اندازه های مختلف محدوده بندر بوشهر، زمستان ۱۳۸۸ و تابستان ۱۳۸۹.

آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است.

میانگین غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در نمونه های ماهی شوریده در دو فصل زمستان و تابستان به ترتیب 0.062 ± 0.0689 ، 0.010 ± 0.011 و 0.032 ± 0.0558 میکروگرم بر گرم بر حسب وزن خشک می باشد. به منظور بررسی آماری داده ها از نرم افزار SPSS V.17 استفاده شد. نرمال بودن داده ها مورد تأیید قرار گرفت.



شکل ۳- غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در ماهی شوریده محدوده بندر بوشهر، زمستان ۱۳۸۸



شکل ۴ - غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در ماهی شوریده محدوده بندر بوشهر، تابستان ۱۳۸۹

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که غلظت فلزات سنگین جیوه و کادمیوم با سن ماهی همبستگی معنی‌داری داشته است $P < 0.05$. اما این همبستگی در مورد فلز سرب صادق نمی‌باشد. همبستگی غلظت فلزات جیوه و کادمیوم نسبت به هم معنی‌دار است. در این مطالعه تأثیر دما در میزان تجمع فلزات سنگین مطالعه نشده است.

ارتباط تجمع فلزات با جنسیت ماهی مشخص گردید. ماهی شوریده‌ی نر همانند جنس ماده فلزات جیوه و کادمیوم را در بافت خود ذخیره می‌کند اما فلز سرب در ماهی ماده بیشتر از ماهی نر تجمع یافته بود. در این مطالعه جهت بررسی ضریب همبستگی بین داده‌ها، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده است. در این آماره همبستگی در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی شده است. غلظت جیوه و کادمیوم در نمونه‌های فصل زمستان، در سطح ۰/۰۵ دارای همبستگی معنی دار $P < ۰/۰۵$ و $r = ۰/۷۵$ می‌باشد. در حالی که همبستگی بین غلظت فلزات جیوه و سرب و کادمیوم و سرب در این فصل در سطح ۰/۰۵ معنی دار نمی‌باشد. همچنین در فصل تابستان همبستگی بین غلظت جیوه و کادمیوم، جیوه و سرب و کادمیوم و سرب در سطح ۰/۰۵ معنادار نمی‌باشد $P \geq$.

در این مطالعه نمونه‌ها در سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ با محدوده‌ی اندازه خاص نمونه برداری شدند. در فصل زمستان همبستگی بین غلظت فلز جیوه و کادمیوم با طول استاندارد معنی دار $P < ۰/۰۱$ مشاهده می‌شود. اما همبستگی بین غلظت فلز سرب و طول استاندارد معنی دار نمی‌باشد. که بر اساس آن می‌توان نتیجه گرفت که طبق داده‌های این مطالعه در فصل زمستان میزان تجمع فلزات جیوه و کادمیوم با افزایش طول استاندارد ماهی افزایش می‌یابد در حالی که اندازه‌ی استاندارد ماهی روی تجمع فلز سرب تأثیری ندارد. در فصل تابستان غلظت هیچ یک از فلزات سنگین همبستگی معنی داری با طول استاندارد ماهی از خود نشان نمی‌دهند که نشانگر آن است که در فصل تابستان با افزایش طول استاندارد ماهی، غلظت فلزات سنگین در آن افزایش نمی‌یابد. وزن نمونه‌ها با غلظت جیوه دارای همبستگی مثبت و قوی در سطح ۰/۰۱ است. با کادمیوم نیز همبستگی قوی در سطح ۰/۰۵ مشاهده شده در حالی که سرب دارای همبستگی معنی دار نیست. در فصل تابستان هیچ یک از فلزات سنگین نسبت به هم دارای همبستگی معنی داری نبوده‌اند.

به منظور مقایسه بین غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در دو فصل زمستان و تابستان از آزمون Independent Sample T-Test استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده بین غلظت فلزات جیوه، کادمیوم و سرب تفاوت معنی داری در فصل زمستان و تابستان مشاهده نشده است $P \geq ۰/۰۵$. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که تغییر آب و هوا که به نوبه‌ی خود روی شرایط زیستی ماهیان در آن منطقه تأثیر می‌گذارد، در سطح اطمینان ۹۵ درصد هیچ گونه تأثیری روی تجمع غلظت فلزات سنگین بررسی شده در این مطالعه نداشته است.

برای بررسی تأثیر جنسیت ماهی روی غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در بافت عضله‌ی ماهی از آزمون Independent Sample T-Test استفاده شد. بر اساس آن غلظت فلزات کادمیوم و جیوه در ماهی نر یا ماده برتری نسبت به دیگری نداشته و در سطح اطمینان ۹۵ درصد هیچ گونه تفاوت معنی داری بین این دو از نظر غلظت فلزات مذکور مشاهده نشده است. ولی مورد فلز سرب غلظت آن در دو جنس تفاوت معنی داری را از خود نشان داد ($P < ۰/۰۵$). با توجه به این نتایج می‌توان گفت که بافت عضله‌ی جنس نر و ماده‌ی ماهی شوریده به مقدار نسبتاً مشابهی فلزات سنگین جیوه و کادمیوم را تجمع می‌کنند، در حالی که فلز سرب در ماهی شوریده‌ی ماده بیشتر از ماهی شوریده‌ی نر تجمع می‌یابد.

در این مطالعه تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب زیر حد مجاز استاندارد جهانی می‌باشد. طبق استاندارد بین المللی WHO حد مجاز غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب به ترتیب، ۰/۵، ۰/۰۵ و ۰/۲ میکروگرم بر گرم می‌باشد. از آنجایی که عمدتاً بافت عضله در سید غذایی انسانی مصرف می‌شود می‌تواند به طور مستقیم روی سلامتی انسان تأثیر می‌گذارد (Agah et al., 2008). در جدول (۴) بعضی از مطالعات داخلی و خارجی جهت مقایسه آورده شده است.

جدول ۴- غلظت فلزات سنگین در گونه های ماهی محدوده خلیج فارس

کشور	محل	گونه مورد بررسی	سرب ($\mu\text{g/g}$)	کادمیوم ($\mu\text{g/g}$)	جیوه ($\mu\text{g/g}$)	مرجع
ایران	خلیج فارس	<i>Pomadasys</i>	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	(Agah et al., 2009)
		<i>Platycephalus</i>	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۳	
		<i>Epinephelus</i>	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۱۶	
		<i>Otolithes ruber</i>	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳	
		<i>Pampus argenteus</i>	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۵	
ایران	خلیج فارس	شوریده	۰/۴۸	۰/۰۶۴	-	(شهریاری، ۱۳۸۲)
		سرخو	۰/۴۴۲	۰/۰۶۳	-	
ایران	خلیج فارس	<i>(Johnius belangerri)</i>	-	۰/۳۴	-	دورقی و همکاران، ۱۳۸۸)
ایران	خلیج فارس	ماهی تن	۰/۰۳۶۶	۰/۰۲۲۳	۰/۰۱۱۷	(Emami Khansari et al., 2005)
امارات	خلیج فارس	<i>Lethrinus lentjan</i>	۰/۰۰۹	۰/۱۶	۰/۰۵۱	(Kosanovic et al., 2007)
کشورهای سواحل جنوبی	خلیج فارس	<i>Epinephelus coidoides</i>	۰/۰۸۸۵	۰/۰۰۳۲۲	۱/۰۵۷	(De Mora et al., 2004)
		<i>Lethrinus nebulosus</i>	۰/۰۷۹۸	۰/۰۰۶۱	۰/۴۳۲	
نیجریه	خلیج گینه	<i>Oreochromis niloticus</i>	۰/۰۵۳	۰/۰۱۵	-	(Eden et al., 2009)

در مقاله‌ای که توسط Agah و همکارانش در سال ۲۰۰۸ ارائه گردیده است، منشأ سرب تجمع یافته در بافت ماهی شوریده از ترکیبات نفتی و منشأ کادمیوم بیشتر از طریق تغذیه ذکر شده است. همچنین با توجه به تردد بالای کشتی‌ها و شهرهای پرجمعیت و متعاقباً مصرف بالای گازولین در منطقه‌ی بوشهر، این مسئله می‌تواند مقدار سرب اندازه‌گیری شده در این منطقه را توجیه کند. میانگین غلظت جیوه‌ی بدست آمده در تحقیق ذکر شده از مقدار اندازه‌گیری شده در این تحقیق، بالاتر بوده اما مقادیر سرب و کادمیوم کمتر بدست بوده است. میزان سرب و کادمیوم اندازه‌گیری شده توسط شهریاری بالاتر از میزان اندازه‌گیری شده‌ی این عناصر در تحقیق کنونی بود.

داشتن اطلاعات در مورد غلظت فلزات سنگین در ماهی از دو جنبه‌ی مدیریت طبیعی و سلامت انسانی حائز اهمیت است. به عنوان مثال برخی فلزات سنگین چون مس، روی و آهن برای فعالیت‌های متابولیک ماهی ضروری هستند در صورتی که برخی انواع دیگر مانند جیوه، کادمیوم و سرب هیچ نقش شناخته شده‌ای را در سیستم فیزیولوژیکی ندارند (Canli & Atli, 2003). تحقیقات و بررسی‌های مختلف نشان داده است که تجمع فلزات در یک بافت عمدتاً وابسته به غلظت‌های فلزات در آب و مدت زمانی است که موجود در معرض آنها قرار می‌گیرد. برخی عوامل محیطی دیگر از قبیل شوری، pH، سختی و درجه حرارت نیز نقش‌های مهمی را در تجمع فلزات ایفا می‌کنند. هم چنین نیازهای اکولوژیکی، جنسیت و اندازه در آبزیان دریایی نیز به عنوان فرآیندهای تأثیرگذار بر روی تجمع فلزات در بافت‌های آنها شناخته شده‌اند (Heath, 1987).

شهریاری در سال ۱۳۸۲ به اندازه‌گیری فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت عضله‌ی ماهیان شوریده و سرخو پرداخته است. میانگین غلظت فلزات سنگین را زیر حد مجاز سازمان بهداشت جهانی اعلام کرده است که با نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. وی همچنین در تحقیق خود غلظت سرب را بیشتر از کادمیوم گزارش

نموده است. اما وی بین میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نکرده است. در تحقیقی که توسط Mortazawi در رابطه با اندازه‌گیری فلزات سنگین در ماهی شوریده در سال ۱۹۹۷ انجام گرفته، میانگین غلظت فلزات کادمیوم و سرب پایین‌تر از حد مجاز جهانی بدست آمده است. دورقی و همکارانش در سال ۱۳۸۸ که در رابطه با تجمع کادمیوم، مس و آهن در بافت‌های ماهی شبه شوریده در بندر دیلم بوشهر تحقیق کردند، نشان دادند که با افزایش اندازه ماهی، میزان تجمع کادمیوم نیز در بافت عضله افزایش یافته است. این محققان همچنین در رابطه با ارتباط فصول با تجمع فلزات سنگین به این نتیجه رسیدند که تجمع فلزات در تابستان بیشتر از زمستان بوده است. در حالی که Chouba و همکارانش طی بررسی فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در سال ۲۰۰۴ در ماهی *Mugil cephalus* تفاوت معنی‌داری بین دو فصل زمستان و تابستان در بافت عضله‌ی ماهی مشاهده نکردند. Agah و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در رابطه با بسیاری از فلزات منجمله فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در ۵ گونه از ماهیان خلیج فارس مطالعاتی را انجام دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میزان تجمع کادمیوم با افزایش اندازه ماهی نسبتاً ثابت بوده است. ونیز میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه را زیر حد مجاز استاندارد جهانی اعلام کرده‌اند. میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در کل خلیج فارس در ماهی شوریده به ترتیب ۴ و ۲ نانوگرم در گرم وزن تر و غلظت فلز جیوه در ماهی شوریده در بندر بوشهر ۱۴۰ نانوگرم در گرم اندازه‌گیری شده است. با مقایسه‌ی غلظت بدست آمده توسط این مطالعه با تحقیق حاضر می‌توان گفت که از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ غلظت فلز جیوه کاهش داشته است. Almajed و Preston در سال ۱۹۹۸ میزان جیوه کل و متیل جیوه را در یکی از گونه‌های *Otolithes* اندازه‌گیری کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بین میزان جیوه کل و طول استاندارد ماهی همبستگی مثبتی مشاهده شده است.

Svobodova و همکارانش نیز طی بررسی فلزات سنگین جیوه، کادمیوم و سرب روی ماهی *Salmo trutta morpha fario* در جمهوری چک به این نتیجه رسیدند که تفاوت معنی‌داری در رابطه با غلظت این فلزات و جنس ماهی مشاهده نگردیده است. پیشنهاد می‌گردد مرکز تحقیقات شیلات ایران و مراکز شیلات سایر استان‌ها طرح‌هایی را در مورد آلودگی انواع ماهیان موجود در ایران به سایر عوامل آلودگی اعم از میکروبی و شیمیایی انجام داده تا کیفیت بهداشتی ماهیان بررسی شده و ضمن اطلاع از کیفیت بهداشتی ماهیان کشور، میزان تجمع بیولوژیکی نیز در ماهیان مورد سنجش و ارزیابی قرار گیرد.

منابع

- دورقی، ع.، کوچینین، پ.، نیک پور، ی.، یاور، و.، ذوالقرنین، ح.، صفاهیه، ع. و سالاری علی آبادی، م. ۱۳۸۸. تجمع کادمیوم، مس و آهن در بافت‌های ماهی شبه شوریده *Johnius belangerii* در سواحل شمالی خلیج فارس (بندر دیلم). مجله‌ی علمی شیلات ایران. ۳: ۹-۱.

شهریاری، ع. ۱۳۸۲. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و

سرخو خلیج فارس در سال ۱۳۸۲. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان. ۲: ۶۷-۶۵.

Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R. & Baeyens, W. 2008. Accumulation of trace

metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 157:499-514.

Agah, H., Leermakers, M., Gao, Y., Fatemi, S.M.R., Mohseni Katal, M., Baeyens, W. & Elskens, M.

2009. Mercury accumulation in fish species from the Persian gulf and in human hair from fishermen. *Environmental Monitoring and Assessment*, 169:203-216

Almajed, N.B. & Preston, M.R. 2000. An Assessment of the Total and MethylMercury content of

Zooplankton and Fish tissue collected from Kuwait Teritorial Waters. *Marine Pollution Bulletin*

40(4): 298-307

AOAC Official Method. 974.14. 2000. Mercury in Fish. *J.AOAC international* 55, 741.USA

AOAC Official Method. 999.11. 2002. Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods.

J.AOAC international 83, 1204. USA

Belgvad, H. & Loppenthin, B. 1944. Fishes of the Iranian Gulf. Danish Scientific Investigations in Iran.

Einar Munksgaard. Copenhagen.

Canli, M. & Atli, G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb and Zn) levels and

the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*, 121: 129-136.

Chouba, L., Kraiem, M., Nijimi, W., Tissaoui, CH., Thompson, J.R. & Flower, R.J. 2007. Seasonal

variation of heavy metals (Cd, Pb and Hg) in sediments and in mullet *Mugil cephalus* from the

Ghar El Lagoon (Tunisia). *Transitional Waters Bulletin*, 4:45-52.

De Mora, S., Fowler, S.W., Wyse, E. & Azemard, S. 2004. Distribution of Heavy metals in marine

bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 410-424.

Edem, C.A., Akpan, S.B. & Dosumnu M.I. 2008. A comparative assessment of heavy metals and

hydrocarbons accumulation in *Sphyrena afra*, *Oreochromis niloticus* and *Elops lacerta* from Anantigha Beach Market in Calabar-Nigeria. *Afr. J. Environ. Pollut. And Health*, 6: 61-64.

Edem, C.A., Osabor, V., Iniama, G., Etiuma, R. & Eke, J. 2009. Distribution of Heavy metals in

Bones, Gills, Livers and Muscles of (Tilapia) *Oreochromis niloticus* from Henshaw Town Beach Market in Calabar Nigeria. Department of Pure and Applied Chemistry, University of Calabar. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8 (8): 1209-1211.

- Emami Khansari, F., Ghazi Khansari, M. & Abdollahi, M. 2005. Heavy metals content of canned tuna fish. *Food Chemistry*, 93:293-296 .
- Ganjavi, M., Ezzatpanah, H., Givianrad, M.H. & Shams, A. 2010. Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. *Food Chemistry*, 118: 525-528.
- Heath, A.G., 1987, *Water pollution and fish physiology*. (2nd ed.) CRC. Press. Boston, USA. 245 pp.
- Johnson, P., Pars, T. & Bjerregaard, P. 2000. Lead, cadmium, mercury and selenium intake by Greenlanders from local marine food. *Science of total Environment*, 245(1-3): 187-94.
- Kosanovic, M., Hasan, M.Y., Subramanian, D., Al Ahababi, A.A., Al Kathiri, O.A.A., Aleassa, E.M.A.A. & Adem, A. 2007. Influence of urbanization of the western coast of the United Arab Emirates on trace metal content in mussle and liver of wild Red-spot emperor (*Lethrinus lentjan*). *Faculty of Medicine and Health Sciences*, 45:2261-2266.
- Keskin, Y., Baskaya, R., Ozyaral, O., Yurdun, T., Luleci, N.E. & Hayran, O. 2007. Cadmium, lead, mercury and copper in fish from the Marmara Sea. Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78: 258-261.
- Maggi, C., Berducci, M.T., Bianchi, J., Giani, M. & Campanella, L. 2009. Methylmercury determination in marine sediment and organisms by direct mercury Analyser. *Analytica Chimica. Acta*, 641:6-32.
- Marijic, V.F. & Raspor, B. 2007. Metal exposure assessment in native fish, *Mullus barbatus* L., from the Eastern Adriatic Sea. *Toxicology Letters*, 168(3): 292-301.
- Mello, D.J.P.F. 2003. *Food safety contaminants and toxins*. CAB International Publishing. Cambridge. USA.
- Moopam. 1999. *Manual of Oceanographic observation and Pollutant Analysis Methods*. ROPME, Kuwait.
- Mortazawi, M.S. 1999. Heavy metals concentrations in *Otolithes ruber* and *Pampus argenteus* location from the Gulf. *Qatar University Science Journal*, 19: 165-171.
- Svobodova, z., Celechovska, O., Kolarova, J., Randak, T. & Zlabek, V. 2004. Assessment of metal contamination in the upper reaches of the Ticha Orlice River. *Czech J. Anim.Sci*, 49(10):458-464.
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, T., Töre, Y. & Ates, A. 2009. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry*, 113: 233-237.
- Tuzen, M. & Soylak, M. 2007. Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Food Chemistry*, 10: 1378-1382.
- WHO. 2004. *Guidelines for drinking water quality*, 3rd Ed. (Vol.1) Recommendations. World Health Organization, Geneva.