

## بررسی غلظت کادمیوم (Cd) و روی (Zn) در عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بنادر بوشهر و عسلویه

### چکیده

این تحقیق باهدف سنجش غلظت فلزات سنگین کادمیوم و روی در بافت عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بنادر بوشهر و عسلویه در تابستان سال ۱۳۹۴ انجام پذیرفت. جمعاً تعداد ۴۰ قطعه ماهی کفشک از صیدگاه‌های بنادر بوشهر و عسلویه به‌صورت تصادفی به‌وسیله تور ترال توسط صیادان بومی منطقه صید گردید. بعد از زیست‌سنجی، بافت عضله نمونه‌ها جداسازی و هضم شیمیایی نمونه‌ها به روش MOOPAM انجام شد و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی VARIAN مدل (AA 100) میزان غلظت فلز کادمیوم و روی در بافت عضله اندازه‌گیری گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه به ترتیب  $0.04 \pm 0.03$  و  $0.06 \pm 0.02$  میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید و در دو منطقه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0.05$ ). همچنین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میانگین غلظت روی در بافت عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه به ترتیب  $111.907 \pm 197$  و  $149.377 \pm 224.03$  میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید و در دو منطقه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0.05$ ). نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)، مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)، وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UK(MAFF) و سازمان غذا و دارو آمریکا (FDA) بود؛ اما غلظت فلز روی در بافت عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه بالاتر از حد مجاز استانداردهای مورد مطالعه در این تحقیق بود.

**واژگان کلیدی:** کادمیوم، روی، عضله، بندر بوشهر، بندر عسلویه، *Brachirus orientalis*.

فرشاد قنبری<sup>۱\*</sup>

عبدالرحیم پذیرا<sup>۲</sup>

سعید مغدانی<sup>۳</sup>

رزاق عبیدی<sup>۴</sup>

۱، ۳، ۴. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان،

واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

۲. گروه تکثیر و پرورش آبزیان، واحد بوشهر،

دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

\*مسئول مکاتبات:

msc.ghanbari@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۷

این مقاله برگرفته از سایر فعالیت‌های

پژوهشی است.

### مقدمه

امروزه یکی از موضوعات اصلی که توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است، آلودگی فلزات سنگین و تأثیر آن‌ها بر روی محیط‌زیست می‌باشد (Yilmaz et al., 2007). فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به دلیل پایداری و سمیت به‌عنوان یک خطر جدی برای محیط‌زیست مطرح می‌باشند (Pazhanisamy et al., 2007). این فلزات به دلیل برخورداری از خاصیت تجمع‌پذیری در بافت‌های مختلف و عدم تجزیه‌پذیری و نیز مقاومت در برابر تغییرات بیولوژیک پس از ورود به محیط قادرند در چرخه حیات به حرکت خود ادامه داده و به‌تدریج در بافت‌ها و نیز مصرف‌کنندگان تکامل‌یافته، ذخیره گردند و از این راه موجب بروز خطرات عدیده سمی، حاد و مزمن و حتی اثرات سوء ژنتیکی

شوند (نبی زاده و پورخباز، ۱۳۹۲). فلزات سنگین از طریق منابع طبیعی و منابع انسانی وارد محیط زیست می شوند. بسیاری از این فلزات سنگین به صورت طبیعی جزء پوسته زمین می باشند و به وسیله فعالیت های آتش فشانی، آتش سوزی جنگل ها و هوازدگی سنگ ها به محیط منتشر می شوند. امروزه فعالیت های انسان منجر به افزایش سطح فلزات سنگین در محیط زیست شده است. فلزات سنگین مورد مطالعه در این تحقیق کادمیوم و روی می باشد که در تقسیم بندی انواع فلزات سنگین از لحاظ میزان سمیت در رده فلزات دارای سمیت زیاد قرار دارند (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). منابع انسان ساخت از قبیل معدنکاری، صنایع ذوب فلزات، احتراق سوخت های فسیلی و مواد نفتی از اصلی ترین دلایل انتشار این فلزات در طبیعت محسوب می شوند (Durube et al., 2007). کادمیوم از معدود عناصری است که هیچ گونه نقش ساختمانی در بدن انسان ندارد و حتی در مقادیر بسیار کم نیز ایجاد مسمومیت می کند و سبب فقر آهن می شود (Robands and Worsfold, 2000). پروتئینه و قندی شدن ادرار، اسید آمینه ای شدن اوره، سرطان پروستات، سرطان ریه، اسهال، تهوع، استفراغ، کوتاهی تنفس، سردرد، تب، اختلال در عملکرد کلیه، افزایش فشارخون، افزایش دفع کلسیم و فسفر و بیماری های قلبی از علائم مسمومیت با کادمیوم می باشد (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). روی از عناصر ضروری برای انسان است با این حال مصرف مقادیر بیش از حد مجاز آن برای بدن خطرناک است (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). سردرد، تهوع، دردهای شکم، اسپاتم گوارش و آسیب به سیستم گوارشی، غدد درون ریز، سیستم خون سازی و بافت پوست از علائم مسمومیت با روی است (جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). لذا بررسی اثرات این فلزات از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. آلودگی محیط زیست به خصوص آلودگی دریاهای از مسائل تهدید کننده ای است که امروزه بشر با آن مواجه است. دریا یکی از منابع مهم با امتیاز های ویژه ای برای تأمین قسمتی از نیازهای بشر می باشد، بنابراین حفظ محیط زیست دریا و جانورانی که در آن زندگی می کنند در تداوم زندگی انسان ها نقش بسزایی دارد (Barbieri and Elisangela, 2009). خلیج فارس دریای نیمه بسته ای می باشد که به شکل بیضی در جنوب ایران گسترده شده است و از طریق تنگه هرمز و دریای عمان به اقیانوس هند راه دارد (Ghanbari et al., 2015). زمان تعویض آب در این حوضه بین ۳ تا ۵ سال است که نشان می دهد آلاینده ها برای زمان قابل ملاحظه ای در خلیج فارس باقی می مانند (Sheppard et al., 2010). متأسفانه منابعی از قبیل آلودگی ناشی از ریختن زباله های شهری و روستایی، فاضلاب ها، پساب های صنایع و کشاورزی، ضایعات صید، آلودگی های ناشی از مواد نفتی، فعالیت های انسانی و برخی ساخت و سازهای ساحلی این بوم سامانه عظیم را به خطر می اندازد (جلیلی و مارنانی، ۱۳۹۱). بنادر بوشهر و عسلویه به علت موقعیت جغرافیایی و اقلیمی خاص خود و داشتن مرز مشترک طولانی با خلیج فارس دارای طبیعت و توان اکولوژیک منحصر به فردی بوده و با توجه به ویژگی های ساحلی، ساختاری و منابع عظیم نفت و گاز از لحاظ ایجاد آلودگی خصوصاً فلزات سنگین حائز اهمیت بسیار بالایی می باشند (Ra, 1988; Ghanbari et al., 2015). با توجه به اینکه منابع شیلاتی بعد از منابع عظیم نفت و گاز، دومین منبع طبیعی ارزشمند و تجدید شنی بوم سازگان خلیج فارس به شمار می رود (Valinassab, 2008)، بررسی غلظت فلزات سنگین در آبزیان این بوم سازگان ضروری است.

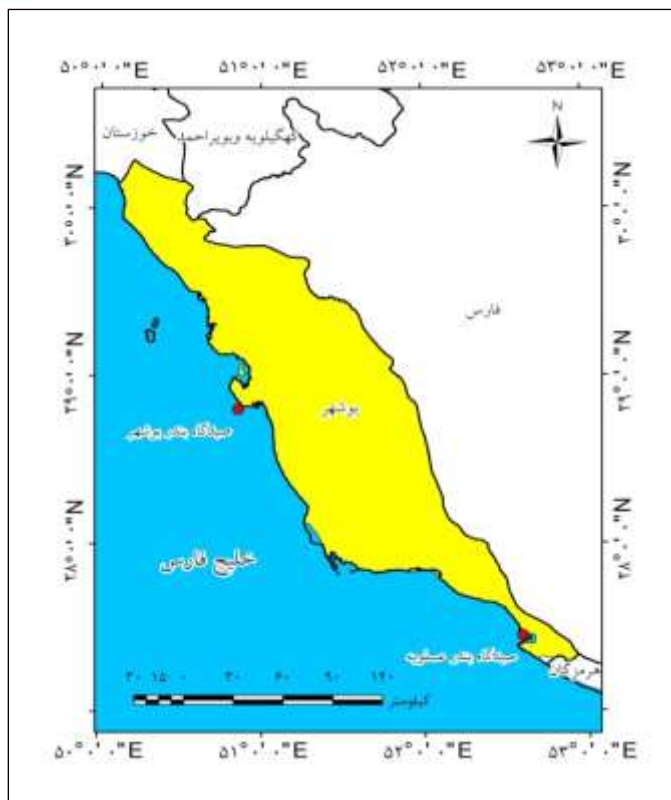
مصرف غذا یکی از راه های مهم ورود فلزات سنگین به بدن می باشد (Tuzen and Soylak, 2007). ماهی ها که جزء زنجیره غذایی می باشند، دائماً در معرض فلزات سنگین موجود در آب قرار دارند (Marihic and Raspor, 2007). ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) متعلق به راسته (Pleuronectiformes) و خانواده (Soleidae) می باشد و از ماهیان بالارزش خوراکی آب های مناطق حاره محسوب می شوند و نقش مهمی در برنامه غذایی مردم این منطقه دارند. این ماهی کف زی بوده و در آب های کم عمق ساحلی روی بسترهای گلی و ماسه ای زیست می کنند. تغذیه این ماهی از ماهیان کوچک تر و سایر بی مهرگان کف زی صورت می گیرد (صادقی، ۱۳۸۰)؛ بنابراین از مستعدترین ماهیان برای بررسی آلودگی محیط می باشد (Jezierska and Witeska, 2001). میزان جذب و تجمع عناصر سنگین در آبزیان تابعی از شرایط بوم شناختی، فیزیکی، شیمیایی، زیست شناختی آب، نوع عنصر، گونه و فیزیولوژی بدن دارد. غلظت فلزات سنگین در آب، مدت زمان ماندگاری گونه آبزی در آب، عادات های تغذیه ای، فصل صید و خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب می توانند در تجمع فلزات سنگین نقش داشته باشند

(Leung et al., 2014). در نتیجه ماهی به‌عنوان یک نشانگر زیستی جهت بررسی آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های دریایی شناخته شده است (Keskin et al., 2007).

در ایران و جهان نیز مطالعات متعددی در زمینهٔ سنجش فلزات سنگین در آبزیان خصوصاً ماهیان منتشر شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات ترسلی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی دو گونه کوسه چانه‌سفید (*Rhizoprion odonacutus*) و کوسه چاک لب (*Carcharhinus dussumieri*) خلیج فارس، عسکری ساری و همکاران (۱۳۹۱) بر روی ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) بنادر صیادی آبادان و بندرعباس، جلالی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی ماهی زمین کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) منطقه خور موسی، مرتضوی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی ماهی حلوا سفید (*Pampus argenteus*) و شوریده (*Otolithes ruber*) استان هرمزگان، چاکری و همکاران (۱۳۹۴) بر روی ماهی طلال (*Rastrelliger kanagurta*) خلیج فارس، Dobaradaran و همکاران (۲۰۱۰) بر روی ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) خلیج فارس، Raeisi و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ماهیان کلمه (*Rutilus rutilus*)، ازون برون (*Acipenser stellatus*)، ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) خلیج گرگان، Zhelyazkov و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ماهی شاه کولی (*Alburnus alburnus*) و ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) اشاره نمود؛ بنابراین پژوهش‌هایی که در زمینهٔ آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی انجام می‌شوند از دو جنبه بسیار مهم می‌باشند: اول از نقطه نظر سلامت عمومی که در آن توجه به ضرورت سنجش تجمع فلزات سنگین معطوف شده است. دوم، از نقطه نظر محیط زیست آبی که برای جلوگیری از زوال بیولوژیک و شناسایی منابعی که تعادل اکولوژیک را تهدید می‌کند، انجام می‌گیرد (Khaled, 2004). لذا با توجه به گسترش فعالیت‌های نفتی، صنعتی و کشاورزی در بنادر بوشهر و عسلویه که همواره با افزایش آلودگی زیست‌محیطی همراه می‌باشد و همچنین ارزش تغذیه‌ای و مصرف بالای این ماهی و اینکه با توجه به کف زی بودن به‌عنوان یک شاخص زیستی مطرح است، این تحقیق باهدف بررسی غلظت کادمیوم و روی در عضله این ماهی در بنادر بوشهر و عسلویه انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق بندر بوشهر و بندر عسلویه بود. بندر بوشهر، در عرض و طول جغرافیایی  $28^{\circ}$ ،  $55'$ ،  $49/84''$  شمالی و  $4/76''$ ،  $50'$ ،  $50^{\circ}$  شرقی در جنوب غربی ایران و حاشیه خلیج فارس واقع گردیده است. بندر عسلویه نیز در عرض و طول جغرافیایی  $27^{\circ}$ ،  $24'$ ،  $24/48''$  شمالی و  $36'$ ،  $49/79''$ ،  $52^{\circ}$  شرقی واقع شده است. این شهر از توابع شهرستان کنگان در استان بوشهر و در حاشیه خلیج فارس در ۳۰۰ کیلومتری شرق بندر بوشهر واقع است و حدود ۱۰۰ کیلومتر با حوضه گاز پارس جنوبی که در میان خلیج فارس واقع شده، فاصله دارد. این دو بندر دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای در بخش نفت، گاز و پتروشیمی در سطح کشور، منطقه و حتی جهان می‌باشند (Ghanbari et al., 2015). این تحقیق در صیدگاه بنادر بوشهر و عسلویه که عمده‌ترین صید آبزیان از این مناطق می‌باشد، انجام گردید. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و در جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها در محدوده مطالعاتی مشخص شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها در محدوده مطالعاتی.

| ردیف | ایستگاه‌های نمونه‌برداری | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی |
|------|--------------------------|---------------|---------------|
| ۱    | صیدگاه بندر بوشهر        | ۵۰°۵۱' ۲۶"E   | ۲۸°۴۸' ۱۰"N   |
| ۲    | صیدگاه بندر عسلویه       | ۵۲° ۳۵' ۵۴"E  | ۲۷°۲۷' ۱۳"N   |

برای انجام این تحقیق، در فصل تابستان ۱۳۹۴، تعداد ۲۰ قطعه ماهی کفشک از صیدگاه بندر بوشهر و ۲۰ قطعه ماهی کفشک از صیدگاه بندر عسلویه به صورت تصادفی به وسیله تور ترال توسط صیادان بومی منطقه صید گردید. سپس ماهی‌ها را داخل کیسه پلاستیکی قرار داده و کد-بندی شدند. ماهیان صیدشده در یخدان مخصوص نمونه‌برداری محتوی یخ چیده و به آزمایشگاه انتقال یافتند (Krogh and Scanes, 1996). در آزمایشگاه نمونه‌ها در داخل فریزر قرار گرفتند، سپس نمونه‌ها را از داخل فریزر خارج کرده و پس از اینکه به دمای محیط رسیدند عملیات زیست‌سنجی (اندازه‌گیری طول کل، طول استاندارد و وزن کل) انجام شد. بعد از این مرحله با چاقوی استیل ابتدا سر و دم و اعضای داخلی بدن ماهی را جدا کرده سپس بافت عضله دو طرف ماهی‌ها را جداسازی کرده و مقداری از عضله نمونه‌ها، به درون ظروف کاملاً تمیز (شستشو داده شده با اسید نیتریک) منتقل گردید و در آن در حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت قرار داده تا کاملاً خشک شود. نمونه‌های خشک شده به درون هاون چینی منتقل گردید تا کاملاً پودر شوند. پس از پودر نمودن نمونه‌ها، برای جلوگیری از جذب رطوبت هوا در دسیکاتور قرار داده شدند. هضم اسیدی جهت آزاد کردن کلیه اتصالات فلز با بافت‌ها صورت می‌گیرد. در این ارتباط ۱ گرم از بافت خشک شده و یکنواخت را به بشر منتقل کرده و ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ جهت هضم محتویات ظروف اضافه و نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای

اتاق قرار داده شدند تا هضم اولیه صورت گیرد. سپس نمونه‌ها در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد در اجاق واقع در زیر هود دارای سیستم بخار حرارت داده شد تا خشک گردد. بعد از سرد شدن و رسیدن نمونه به دمای محیط، نمونه را از کاغذ صافی واتمن ۴۵ میلی‌متری گذرانده و در داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر انتقال داده و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت نمونه‌ها جهت تزریق به دستگاه به داخل ظروف پلی‌اتیلنی درب‌دار انتقال داده شدند (Moopam, 1999). در پایان محلول جهت قرائت میزان فلزات سنگین کادمیوم و روی به وسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی VARIAN مدل (AA 100) ساخت کشور آمریکا در آزمایشگاه سازمان تحقیقات مواد معدنی ایران آماده گردید. در دستگاه از هر نمونه سه بار قرائت‌شده و میانگین آن‌ها ثبت گردید. سپس با استفاده از آزمون (One sample kolmogorov smirnov test) از صحت نرمال بودن داده‌ها آگاهی حاصل شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه هجدهم انجام شد و میانگین داده‌ها به کمک آزمون T-test با یکدیگر مقایسه شدند که وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد ( $P \leq 0.05$ ) در نمودارها تعیین گردید. همچنین در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel نسخه (۲۰۱۰) استفاده گردید.

## نتایج

نتایج زیست‌سنجی ماهی کفشک در بندر بوشهر و بندر عسلویه در جدول ۲ و ۳ آمده است. نتایج زیست‌سنجی ماهی کفشک در بندر بوشهر نشان داد که میانگین وزنی ۳۵۸/۹۶ گرم، میانگین طول کل ۲۷/۸۱ سانتی‌متر و میانگین طول استاندارد ۲۴/۵۷ سانتی‌متر بود (جدول ۲). همچنین نتایج زیست‌سنجی ماهی کفشک در بندر عسلویه نشان داد که میانگین وزنی ۲۱۲/۳۸ گرم، میانگین طول کل ۲۷/۰۵ سانتی‌متر و میانگین طول استاندارد ۲۲/۷۹ سانتی‌متر بود (جدول ۳).

جدول ۲: نتایج زیست‌سنجی ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بندر بوشهر ( $N=20$ ).

| منطقه نمونه‌برداری | شاخص‌ها                   | میانگین | انحراف معیار (SD) | حداقل | حداکثر |
|--------------------|---------------------------|---------|-------------------|-------|--------|
| بندر بوشهر         | وزن کل (گرم)              | ۳۵۸/۹۶  | ۱۳/۱              | ۱۲۹/۷ | ۹۳۱/۵  |
|                    | طول کل (سانتی‌متر)        | ۲۷/۸۱   | ۱/۵۳              | ۲۱    | ۳۹     |
|                    | طول استاندارد (سانتی‌متر) | ۲۴/۵۷   | ۱/۲۸              | ۱۹/۱  | ۲۵     |

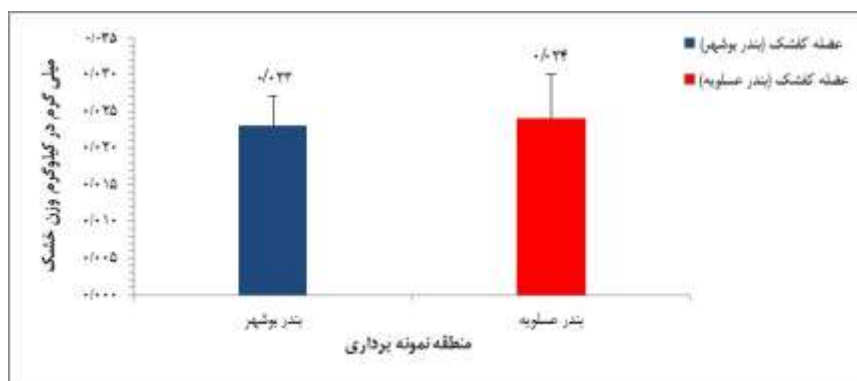
جدول ۳: نتایج زیست‌سنجی ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بندر عسلویه ( $N=20$ ).

| منطقه نمونه‌برداری | شاخص‌ها                   | میانگین | انحراف معیار (SD) | حداقل | حداکثر |
|--------------------|---------------------------|---------|-------------------|-------|--------|
| بندر عسلویه        | وزن کل (گرم)              | ۲۱۲/۳۸  | ۱۱/۹۶             | ۱۶۵/۲ | ۲۵۵/۴  |
|                    | طول کل (سانتی‌متر)        | ۲۷/۰۵   | ۱/۳۶              | ۲۵    | ۲۹     |
|                    | طول استاندارد (سانتی‌متر) | ۲۲/۷۹   | ۰/۹۶              | ۲۱/۸  | ۲۴/۵   |

نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک در بندر بوشهر برابر با ۰/۰۱۸ و ۰/۰۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و در بندر عسلویه به ترتیب ۰/۰۲۲ و ۰/۰۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. بر اساس نتایج آماری به‌دست‌آمده میانگین و انحراف از معیار بافاصله اطمینان در سطح ۹۵ درصد برای فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک در بندر بوشهر به

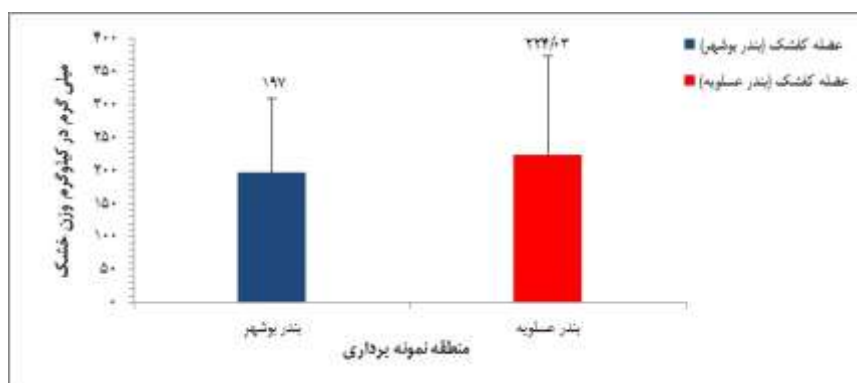
بررسی غلظت کادمیوم (Cd) و روی (Zn) در عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بنادر بوشهر و عسلویه / قنبری و همکاران

میزان  $0.004 \pm 0.023$  میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک و در بندر عسلویه به میزان  $0.006 \pm 0.024$  میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک اندازه گیری گردید. بر اساس آزمون T-test انجام پذیرفته بین میزان فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه اختلاف معنی داری وجود نداشت ( $P > 0.05$ ) (شکل ۲).



شکل ۲: مقایسه میزان فلز سنگین کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بنادر بوشهر و عسلویه.

نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین میزان تجمع فلز روی در بافت عضله ماهی کفشک در بندر بوشهر برابر با  $37/5$  و  $365$  میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک و در بندر عسلویه به ترتیب  $40$  و  $417/5$  میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک می باشد. بر اساس نتایج آماری به دست آمده میانگین و انحراف از معیار با فاصله اطمینان در سطح  $95$  درصد برای فلز روی در بافت عضله ماهی کفشک در بندر بوشهر به میزان  $111/907 \pm 197$  میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک و در بندر عسلویه به میزان  $149/377 \pm 224/03$  میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک اندازه گیری گردید. بر اساس آزمون T-test انجام پذیرفته بین میزان فلز روی در بافت عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه اختلاف معنی داری وجود نداشت ( $P > 0.05$ ) (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه میزان فلز سنگین روی در بافت عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بنادر بوشهر و عسلویه.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود روند تغییرات کلی میزان فلزات اندازه‌گیری شده در بنادر بوشهر و عسلویه در بافت عضله ماهی کفشک نشان می‌دهد که میزان روی بیشتر از میزان کادمیوم بوده است.

#### جدول ۴: روند کلی تغییرات غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بنادر

##### بوشهر و عسلویه.

| منطقه       | غلظت          | بافت |
|-------------|---------------|------|
| بندر بوشهر  | کادمیوم > روی | عضله |
| بندر عسلویه | کادمیوم > روی | عضله |

#### بحث و نتیجه‌گیری

خلیج فارس به دلیل تنوع زیستی بالا یک زیست‌بوم نادر است. آلودگی‌های خلیج فارس عمدتاً ناشی از فعالیت‌های نادرست در استخراج، فرآوری و حمل‌ونقل مواد نفتی همچنین، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در درون و حوضه آبریز اطراف آن است ( Hosseinkhezri and Tashkhourian, 2011). فلزات سنگین به‌طور طبیعی در محیط‌زیست وجود دارند و برخی از آن‌ها در فرآیندهای بیولوژیک نقش مهمی ایفا می‌کنند ولی چنانچه میزان آن‌ها از حد معینی فراتر رود سلامت اکوسیستم و آبریان به‌تبع آن سلامت انسان را به خطر می‌اندازند ( Birungi et al., 2007).

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان تجمع فلز کادمیوم در عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه به ترتیب ۰/۰۲۳ و ۰/۰۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد که میزان فلز کادمیوم در عضله ماهی کفشک در بندر عسلویه بیشتر از بندر بوشهر بود. همچنین بر اساس نتایج این تحقیق میزان تجمع فلز روی در عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه به ترتیب ۱۹۷ و ۲۲۴/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد که میزان فلز روی در عضله ماهی کفشک در بندر عسلویه بیشتر از بندر بوشهر بود و میانگین غلظت کادمیوم و روی در بافت عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0.05$ ) (شکل ۲ و ۳). الگو تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفشک در بندر بوشهر و عسلویه به‌صورت  $Zn > Cd$  به دست آمد (جدول ۴). نتایج به‌دست‌آمده در هر تحقیقی در کنار استانداردها اعتبار پیدا می‌کند، نتایج مطالعه حاضر برای مقایسه با استانداردها برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه‌شده است (جدول ۵). بررسی و مقایسه میزان کادمیوم در عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه با استانداردهای جهانی حاکی از پایین بودن غلظت این فلز سنگین در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)، مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)، وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UK(MAFF و سازمان غذا و دارو آمریکا (FDA) بود؛ اما میزان روی در عضله ماهی کفشک در بنادر بوشهر و عسلویه در مقایسه با حد مجاز تمامی استانداردهای مورد مطالعه در این تحقیق بالاتر بود.

**جدول ۵: مقایسه غلظت‌های فلزات سنگین کادمیوم و روی در بافت عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) با استانداردها (میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک).**

| استانداردها                                   | کادمیوم | روی    | منابع                         |
|-----------------------------------------------|---------|--------|-------------------------------|
| سازمان بهداشت جهانی (WHO)                     | ۰/۲     | ۱۰۰    | WHO, 1995                     |
| سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO)              | ۲       | ۵۰     | Sciortino and Ravikumar, 1999 |
| مرکز ملی بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)      | ۰/۰۵    | ۱۵۰    | Darmono and Denton, 1990      |
| وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان UK(MAFF) | ۰/۲     | ۵۰     | MAFF, 1995                    |
| سازمان غذا و دارو آمریکا (FDA)                | ۱       | –      | FDA, 2011                     |
| <i>Brachirus orientalis</i> (بندر بوشهر)      | ۰/۰۲۳   | ۱۹۷    | مطالعه حاضر                   |
| <i>Brachirus orientalis</i> (بندر عسلویه)     | ۰/۰۲۴   | ۲۲۴/۰۳ | مطالعه حاضر                   |

کادمیوم از آلاینده‌های مهم زیست‌محیطی می‌باشد که به دلیل سمیت و پایداری بالا، یکی از عناصر خطرناک کمیاب در محیط‌زیست محسوب می‌شود به گونه‌ای که سمیت آن را ۲ تا ۲۰ برابر بیشتر از سایر فلزات بیان کرده‌اند (Battaglia et al., 2005). این فلز از طریق فرسایش خاک و سنگ بستر، رسوبات آلوده اتمسفری ناشی از کارخانه‌های صنعتی، پساب مناطق آلوده و استفاده از لجن و کود در کشاورزی وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شود (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱؛ پذیرا و خسروی فرد، ۱۳۹۴). با توجه به نتایج مطالعه حاضر و حد مجاز استانداردهای سازمان‌های جهانی میزان فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک پایین‌تر از حد استانداردهای جهانی بود که از لحاظ زیست‌محیطی خطرناک نمی‌باشد. در این ارتباط می‌توان به مطالعه سنجر و همکاران (۱۳۸۸) در عضله ماهی زمین کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) منطقه صیادی بندر ماهشهر به میزان ۴/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، دورقی و همکاران (۱۳۸۸) در عضله ماهی شبه شوریده (Johnius belangerii) سواحل شمالی خلیج فارس (بندر دیلم) به میزان ۰/۳۴ میکروگرم در گرم وزن خشک، پروانه و همکاران (۱۳۹۰) در عضله ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) خور موسی استان خوزستان به میزان ۰/۹۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک، صدوق‌نیری و همکاران (۱۳۹۱) در عضله ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) در آب‌های شمال خلیج فارس (بندر هندیجان و بندر دیلم) به ترتیب به میزان ۰/۷۰ و ۰/۴۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک و خراسانی و همکاران (۱۳۹۲) در عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) بندر ماهشهر (خلیج فارس) به میزان ۰/۲۵۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک اشاره نمود که تمامی نتایج این مطالعات بیشتر از حد مجاز استانداردهای ذکر شده در این تحقیق بود و با نتایج مقایسه با استانداردهای جهانی در این مطالعه مطابقت نداشت. همچنین نتایج مربوط به مطالعات صادقی و همکاران (۱۳۹۰) با میزان کادمیوم ۰/۰۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک در عضله ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) در آب‌های استان هرمزگان (بندرعباس)، صادقی و همکاران (۱۳۹۰) با میزان کادمیوم ۰/۰۳۷۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک در عضله ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) در بندرعباس (استان هرمزگان)، فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) با میزان کادمیوم ND (غیرقابل تشخیص برای دستگاه) در عضله ماهی کیجار بزرگ (*Saurida tumbil*) بندر هندیجان (خلیج فارس)، بناگر و همکاران (۱۳۹۴) به ترتیب با میزان کادمیوم ۲۵۲/۰۵ و ۹۶/۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک در عضله ماهی کفال طلایی (*Liza auratus*) و کفال پوزه‌باریک (*Liza Saliens*) در خلیج گرگان و خسروی فرد (۱۳۹۴) به ترتیب با میزان ۰/۱۰۵ و ۰/۱۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در بافت عضله ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) و قباد (*Scomberomorus guttatus*) در بندر بوشهر، نشان‌دهنده پایین بودن میزان این فلز از حد مجاز سازمان استانداردهای جهانی ذکر شده در این تحقیق بود و با نتایج مقایسه با استانداردهای جهانی در این مطالعه مطابقت داشت.

روی یک ماده معدنی اصلی کمیاب می‌باشد و عنصری کم‌مقدار و ضروری برای انسان، حیوان و اغلب گیاهان است. این فلز به‌عنوان کاتالیزور در ساختمان اکثر آنزیم‌های فعال وجود دارد، در متابولیسم انرژی عمل می‌نماید و معمولاً عنصر کم‌خطری محسوب می‌شود، ولی سمیت آن در مقادیر زیاد و در حضور کادمیوم افزایش می‌یابد. این فلز از طریق صنایع ذوب فلز، تأثیر باران‌های اسیدی بر مواد ساختمانی حاوی روی، فعالیت حفاری، تغلیظ فلز، لجن فاضلاب‌ها، کمپوست، کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شود (جلالی جعفری و آقازاده-مشگی، ۱۳۸۶). با توجه به نتایج مطالعه حاضر و استانداردهای سازمان‌های جهانی میزان فلز روی در بافت عضله ماهی کفشک بالاتر از حد مجاز استانداردهای موردبررسی بود که از لحاظ زیست‌محیطی خطرناک می‌باشد. در این ارتباط می‌توان به مطالعه ابراهیمی‌سیریزی و همکاران (۱۳۹۱) در بافت عضله اردک‌ماهی (*Esox lucius*) تالاب بین‌المللی انزلی به میزان ۵۴/۲۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک، عسکری ساری و ولایت زاده (۱۳۹۱) در بافت عضله هشت گونه ماهی ایران (کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*)، کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)، کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، شیر (*Scomberomorus commerson*)، قباد (*Scomberomorus guttatus*) و شوریده (*Otolithes ruber*) به ترتیب به میزان ۵/۳۳، ۲/۷۸، ۶/۵۷، ۴/۷۱، ۷/۹، ۷/۸۸، ۶/۵۲، ۴/۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک، فرهادی و همکاران (۱۳۹۲) در عضله ماهی کیجار بزرگ (*Saurida tumbil*) بندر هندیجان (خلیج فارس) به میزان ۱۸/۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک، خراسانی و همکاران (۱۳۹۲) در عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) بندر ماهشهر (خلیج فارس) به میزان ۳۱/۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک، خسروی فرد (۱۳۹۴) در بافت عضله ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) و قباد (*Scomberomorus guttatus*) در بندر بوشهر به ترتیب به میزان ۳۵/۱ و ۴۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک، Agah و همکاران (۲۰۰۹) در عضله پنج گونه از ماهیان خلیج فارس (ماهی شوریده (*Otolithes ruber*)، ماهی سنگسر (*Pomadasys sp.*)، ماهی زمین کن (*Platycephalus sp.*)، هامور (*Epinephelus tauvina*) و حلوا سفید (*Pampus argenteus*) به ترتیب به میزان ۴، ۴، ۴ و ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک، Bat و همکاران (۲۰۱۲) در عضله سپر ماهی (*Psetta maxima*) دریای سیاه ترکیه به میزان ۳۵/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) در عضله ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) قسمت جنوبی دریای خزر به میزان ۷/۶۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک اشاره نمود که تمامی نتایج این مطالعات کمتر از حد مجاز استانداردهای ذکرشده در این تحقیق بود و با نتایج مقایسه با استانداردهای جهانی در این مطالعه مطابقت نداشت. به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که از دلایل تطابق یا عدم تطابق نتایج مطالعه حاضر با سایر تحقیقات ذکرشده می‌توان به سن، طول، وزن، جنسیت، عادات تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت‌زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، فصل صید، گونه ماهی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب اشاره نمود که می‌تواند سبب افزایش یا کاهش میزان فلزات سنگین در آبزیان به‌ویژه ماهیان گردد.

در انتها می‌توان بیان نمود که سنجش غلظت فلزات سنگین در عضله خوراکی ماهی بسیار مهم می‌باشد؛ زیرا توده بزرگی از ماهی را تشکیل می‌دهد که توسط انسان مصرف می‌شود. بندر بوشهر و بندر عسلویه به‌عنوان مهم‌ترین بنادر صیادی و تجاری خلیج فارس مطرح می‌باشند و ازجمله عواملی که سبب ایجاد آلودگی در این مناطق می‌شود می‌توان به آلودگی‌های نفتی، تخلیه مستقیم پساب سکونت‌گاه‌های ساحلی، تردد قایق‌ها موتوری و لنج‌های صیادی و باری، تخلیه زباله در ساحل، باقیمانده بدنه فلزی کشتی‌ها و لنج‌های غرق‌شده، تخلیه مستقیم آب توازن حاصل از کشتی‌ها و لنج‌ها، ضایعات فراوان به‌جامانده مربوط به ادوات صیادی در آب، پساب‌های خروجی نیروگاه اتمی و سایت‌های پرورش میگو اشاره نمود که تأثیر به‌سزایی در ایجاد آلودگی به‌خصوص تجمع فلزات سنگین کادمیوم و روی در این منطقه را دارند؛ بنابراین ضرورت دارد که بر منابع تولیدکننده این فلزات در حوضه‌های اطراف مناطق مورد مطالعه نظارت بیشتری صورت گیرد. همچنین مدیریت پساب کشاورزی و صنایع می‌تواند نقش عمده‌ای در کنترل بار آلودگی این فلزات داشته باشد. لذا با توجه به بالا بودن میزان روی می‌توان نتیجه گرفت که تا حدی

بررسی غلظت کادمیوم (Cd) و روی (Zn) در عضله ماهی کفشک (*Brachirus orientalis*) در بنادر بوشهر و عسلویه / قنبری و همکاران

استفاده از این گونه در این مناطق خطرناک بوده و بالطبع بر مصرف کنندگان این فرآورده‌ها نیز اثرات سوء خواهد داشت و جهت استفاده آن در سبد غذایی باید مراقبت‌های لازم انجام گردد. در انتها پیشنهاد می‌گردد فعالیت‌های انسانی در حاشیه مناطق نمونه‌برداری و چگونگی برداشت از ذخایر غیر زیستی این دریا، شناسایی و بازدید مستمر از مراکز صنعتی و سنجش و ارزیابی مواد آلاینده در پساب آن‌ها صورت گیرد تا لزوم اطمینان از سلامت جهت مصرف سایر آبزیان ایجاد گردد.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از سرکار خانم دکتر انبارکی ریاست محترم باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر و جناب آقای مهندس رضا صادقی مسئول محترم آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر به دلیل همکاری‌های صمیمانه در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

- ابراهیمی سیریزی، ز.، ساکی زاده، م.، اسماعیلی ساری، ع.، بهرامی فر، ن.، قاسم پوری، س. م. و عباسی، ک.، ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت عضله اردک‌ماهی (*Esox lucius*) تالاب بین‌المللی انزلی انباشتگی و ارزیابی خطرات. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲(۸۷): صفحات ۵۷-۶۳.
- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط‌زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۷۶۷ ص.
- بناگر، غ.، علی پور، ح.، حسن پور، م. و گل‌محمدی، س.، ۱۳۹۴. ارزیابی خطر فلزات کادمیوم و سرب بر سلامتی انسان در عضله کفال طلایی (*Liza auratus*) و کفال پوزه‌باریک (*Liza saliens*) در خلیج گرگان. فصلنامه اکو بیولوژی تالاب، ۷(۲۴): صفحات ۳۳-۴۲.
- پذیرا، ع. ا. و خسروی فرد، ا.، ۱۳۹۴. مقایسه تجمع زیستی فلزات سنگین نیکل و کادمیوم در بافت عضله دو گونه ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) و قباد (*Scomberomorus guttatus*) در بندر بوشهر. مجله زیست‌شناسی دریا، ۷(۲۸): صفحات ۷۹-۸۹.
- پروانه، م.، خیرور، ن.، نیک‌پور، ی. و نبوی، س. م. ب.، ۱۳۹۰. غلظت فلزات سنگین در ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) و رسوبات خور موسی در استان خوزستان. مجله علمی شیلات ایران، ۲۰(۲): صفحات ۱۷-۲۶.
- ترسلی، ا.، اسماعیلی ساری، ع. و ولی نسب، ت.، ۱۳۹۰. بررسی غلظت کادمیوم و سرب در دو گونه کوسه چانه‌سفید (*Rhizoprion odonacutus*) و کوسه چاک لب (*Carcharhinus dussumieri*) از کوسه‌ماهیان غالب خلیج فارس. مجله زیست‌شناسی دریا، ۳(۱۲): صفحات ۷۳-۸۲.
- جلالی، ک.، ابطحی، ب.، سمیعی، ک. و سرافرازی اردکانی، م. ر.، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر اندازه (طول کل) و جنسیت در تجمع فلز سرب در بافت‌های کبد و عضله ماهی زمین کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) در منطقه خور موسی (شمال غرب خلیج فارس). مجله بوم‌شناسی آبزیان، ۲(۴): صفحات ۱۷-۱۱.
- جلالی جعفری، ب. و آقازاده‌مشگی، م.، ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب، چاپ اول، تهران، ۱۳۴ ص.
- جلیلی، م. و مارنانی، ح. ر.، ۱۳۹۱. بررسی ساختار جوامع ماکروبنتوزهای منطقه ساحلی آب‌های جزیره کیش. مجله اقیانوس‌شناسی، ۳(۱۲): صفحات ۱-۹.
- چاکری، ر.، سجادی، م. م.، کامرانی، ا. و آقاجاری، ن.، ۱۳۹۴. تعیین میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های عضله و کبد ماهی طلال (*Rastrelliger kanagurta*) در آب‌های خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۲): صفحات ۱۱۵-۱۲۵.
- خراسانی، ن.، حسینی، س.، پور باقر، ه.، حسینی، و. و افلاکی، ف.، ۱۳۹۲. اندازه‌گیری برخی فلزات سنگین در ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) مطالعه موردی بندر ماهشهر. نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۶۶(۲): صفحات ۱۹۰-۱۸۱.

- خسروی فرد، ا.، ۱۳۹۴. بررسی مقادیر نیکل، کادمیوم، سرب و روی در بافت عضله ماهیان شیر (*Scomberomorus commerson*) و قباد (*Scomberomorus guttatus*) در آب‌های خلیج فارس (بندر بوشهر). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، بوشهر، ایران، ۱۰۰ ص.
- دورقی، ا.، کوچنین، پ.، نیک پور، ی.، یآوری، و.، ذوالقرنین، ح.، صفاهیه، ع. و سالاری علی‌آبادی، م. ع.، ۱۳۸۸. تجمع کادمیوم، مس و آهن در بافت‌های ماهی شبه شوریده (*Johnius belangerii*) در سواحل شمالی خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، ۳(۳): صفحات ۸-۱.
- سنجر، ف.، جواهری، م. و عسکری ساری، ا.، ۱۳۸۸. اندازه‌گیری و مقایسه فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) در عضله و پوست ماهی زمین کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) منطقه صیادی بندر ماهشهر. مجله زیست‌شناسی دریا، ۱(۴): صفحات ۴۶-۳۵.
- صادقی، س. ن.، ۱۳۸۰. ویژگی‌های زیستی و ریخت‌شناسی ماهیان جنوب ایران (خلیج فارس و دریای عمان). انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۴۳۲ ص.
- صادقی، م. س.، مورکی، ن.، ابدالی، س. و فرزاد مهر، م.، ۱۳۹۰. بررسی تجمع فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم و سرب) در بافت‌های کبد و عضله ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) در بندرعباس (استان هرمزگان). مجله زیست‌شناسی دریا، ۳(۱۲): ۷۱-۶۵.
- صادقی، م.، ابدالی، س.، دقوکی، ب.، مورکی، ن. و بهره‌مند، ب.، ۱۳۹۰. بررسی تجمع برخی فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و نیکل) در بافت‌های کبد و عضله ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) در آب‌های استان هرمزگان (بندرعباس). مجله زیست‌شناسی دریا، ۳(۱۰): صفحات ۲۸-۲۳.
- صدوق‌نیری، ع.، رونق، م. ت. و احمدی، ر.، ۱۳۹۱. بررسی کمی فلزات سنگین در بافت عضله، کبد و آبشش ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) در آب‌های شمال خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، ۲۱(۱): صفحات ۱۶۰-۱۴۷.
- عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۱. بررسی ارتباط تجمع فلز روی با میزان ترکیب شیمیایی عضله هشت گونه ماهی ایران. نشریه فراوری و نگهداری مواد غذایی، ۴(۱): صفحات ۹۹-۱۱۳.
- عسکری ساری، ا.، جواهری بابلی، م.، محجوب، ث. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۱. میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس. مجله علمی شیلات ایران، ۲۱(۳): صفحات ۱۰۶-۹۹.
- فرهادی، ا.، یآوری، و. و سالاری علی‌آبادی، م. ع.، ۱۳۹۲. غلظت برخی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی کیجار بزرگ (*Saurida tumbil*) در بندر هندیجان - خلیج فارس. فصلنامه علمی علوم و فنون شیلات، ۲(۱): صفحات ۸۰-۷۱.
- مرتضوی، م. ص.، شریفیان، س. و آقاجری، ن.، ۱۳۹۲. برآورد میزان خطر برخی از فلزات ناشی از مصرف ماهی حلوا سفید (*Pampus argenteus*) و شوریده (*Otolithes ruber*) در استان هرمزگان. مجله علمی شیلات ایران، ۲۲(۲): صفحات ۱۳۶-۱۲۷.
- نبی زاده، س. م. و پورخباز، ع.، ۱۳۹۲. ردیابی زیستی فلزات سنگین در بافت‌های ماهیان شورت (*Sillago sihama*) و زمین کن دم نواری (*Platycephalus indicus*) در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا. مجله دامپزشکی ایران، ۹(۱۲): صفحات ۷۵-۶۴.
- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S. M. R. and Baeyens, W., 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 157: 499-514.
- Barbieri, E. and Elisangela, D. A. P., 2009. Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Brazilian coast. *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 631-638.
- Bat, L., Şahin, F., Üstün, F. and Sezgin, M., 2012. Distribution of Zn, Cu, Pb and Cd in the tissues and organs of (*Psetta maxima*) from Sinop Coasts of the Black Sea. Turkey. *Marine Science* 2(5): 105-109.
- Battaglia, A., Ghidini, S., Campanini, G. and Spaggiari, R., 2005. Heavy metal contamination in little owl (*Athene noctua*) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 61-66.
- Birungi, Z., Masola, B., Zaranyika, M. F., Naigaga, I. and Marshall, B., 2007. Active bio monitoring of trace heavy metals using fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator species. The case of Nakivubo wetland along Lake Victoria. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 32(15-18): 1350-1358.
- Darmono, D. and Denton, G. R. W., 1990. Heavy metals concentration in the banana prawn *Penaeus merguensis* and leader prawn *Penaeus monodon* in the Towns vile region of Australia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 44: 479-486.

- Dobaradaran, S., Nadafi, K., Nazmara, S. h. and Ghaedi, H., 2010.** Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran. *African Journal of Biotechnology*, 9(37): 6191-6193.
- Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C. and Egwurugwu, J. N., 2007.** Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects. *International Journal of Physical Sciences*, 2: 112-118.
- FDA, 2011.** Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. Department of health and human service public health food and drug administration center for food safety and applied nutrition of food safety. Fourth Edition, 476 p.
- Ghanbari, F., Moghdani, S., Nasrinnezhad, N. A., Khajeheian, M. R., Obeidi, R. and Farashbandi, M., 2015.** Accumulation of trace metals in the muscle tissues of tiger tooth croaker in Persian Gulf. *International journal of Biosciences*, 6(5): 170-177.
- Hosseini, S. M., Kariminasab, M., Batebi-Navaei, M., Aflaki, F., Monsefrad, F., Regenstein, J. M. and Vajdi, R., 2015.** Assessment of the essential elements and heavy metals content of the muscle of Kutum (*Rutilus frisii kutum*) from the south Caspian Sea and potential risk assessment. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14(3): 660-671.
- Hosseinkhezri, P. and Tashkhourian, J., 2011.** Determination of heavy metals in *Acanthopagrus latus* (Yellowfin seabream) from the Bushehr seaport (coastal of Persian Gulf), Iran. *International Food Research Journal*, 18: 791-794.
- Jezierska, B. and Witeska, M., 2001.** Metal toxicity to fish. University of Podlasie. Monografie, No. 42, 318 p.
- Keskin, Y., Baskaya, R., Ozyaral, O., Yurdun, T., Luleci, N. E. and Hayran, O., 2007.** Cadmium, lead, mercury and copper in fish from the Marmara Sea, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78: 258-261.
- Khaled, A., 2004.** Seasonal concentrations of some heavy metals in muscle tissues of *Siganus rivulatus* and *Sargus sargus* from El-Mex Bay and Eastern Harbour, Alexandria. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 8(1): 65-81.
- Krogh, M. and Scanes, P., 1996.** Organochlorine compound and trace metal contaminants in fish near Sydneys Ocean outfall. *Marine Pollution Bulletin*, 33(7-12): 213-225.
- Leung, H. M., Leung, A. O.W., Wang, H. S., Ma, K. K., Liang, Y., Ho, K. C., Cheung, K. C., Tohidi, F. and Yung, K. K. L., 2014.** Assessment of heavy metals/ metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl River Delta (PRD) China. *Marine Pollution Bulletin*, 78: 235-245.
- MAFF, 1995.** Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993, Directorate of Fisheries Research, Lowest oft, Aquatic Environment Monitoring Report, No. 44.
- Marihic, V. F. and Raspor, B., 2007.** Metal exposure assessment in native fish *Mullus barbatus L.* from the Eastern Adriatic Sea. *Toxicology Letters*, 168(3): 292-301.
- MOOPAM (Manual of Oceanographic Observation and Pollution Analysis), 1999.** Regional organization for the protection of marine environmental (ROPME, Kuwait), 220 p.
- Pazhanisamy, K., Vasanth, M. and Indra, N., 2007.** Bioaccumulation of arsenic in the freshwater fish *Labeo Rohita* (HAM). *The Bioscan*, 2(1): 67-69.
- Raeisi, S., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad, M. and Zakariaei, H., 2014.** Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian Sea, Iran. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(6): 2162-2172.
- Rao, M. S., 1988.** Animals Dictionary of Geography. Animal publication, New Delhi.
- Robands, K. and Worsfold, P., 2000.** Cadmium. *Journal Toxicology and Analysis*, Pergam press, London, UK.
- Sciortino, J. A. and Ravikumar, R., 1999.** Fishery Harbour Manual on the Prevention of Pollution - Bay of Bengal Programme, Published by FAO, 123 p.
- Sheppard, C., Al-Husiani, M., Al-Jamali, F., Al-Yamani, F., Baldwin, R., Bishop, J., Benzoni, F., Dutrieux, E., Dulvy, N. K., Durvasula, S. R. V., Jones, D. A., Loughland, R., Medio, D., Nithyanandan, M., Pillingm, G. M.,**

- Polikarpov, I., Price, A. R. G., Purkis, S., Riegl, B., Saburova, M., Samimi Namin, K., Taylor, O., Wilson, S. and Zainal, Z., 2010.** The Gulf: a young sea in decline. *Marine Pollution Bulletin*, 60(1): 13–38.
- Tuzen, M. and Soylak, M., 2007.** Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Food Chemistry*, 10: 1378-1382.
- Valinassab, T., 2008.** Country Report on Status and Resources of Shark in the Persian Gulf and Oman Sea, FAO.
- WHO, 1995.** Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Part (1) Implications for Policy Markers, 25 p.
- Yilmaz, F., Ozdemir, N., Demirak, A. and Levent Tuna, A., 2007.** Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. *Food chemistry*, 100: 830–835.
- Zhelyazkov, G. I., Georgiev, D. M., Dospatliev, L. K. and Staykov, Y. S., 2014.** Determination of Heavy Metals in Roach (*Rutilus rutilus*) and Bleak (*Alburnus alburnus*) in Zhrebchevo Dam Lake. *Journal of Ecologica Balkani*, 5: 15-20.