مقاله علمی - پژوهشی:

تجمع زیستی سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله، کبد و پوست ماهی شوریده و کوتر چشم درشت

احمد خوش‌بین*، علیرضا پورخباز

*Ahmadkhoshbin1373@gmail.com

گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۱

چکیده

یکی از دغدغه‌های عمده جهانی درمورد محیطزیست، آلودگی محیط‌های آبی توسط عناصر سنگین است. این عناصر اکوسیستم‌های آبی را آلوده کرده و از طریق تجمع زیستی در اندام‌های موجودات زنده، در سطوح بالاتر زنجیره غذایی که انسان آنها را مصرف می‌کند، انباشته و تغلیظ می‌شوند. پژوهش کنونی با هدف ارزیابی غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله، کبد و پوست دو گونه ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) و کوتر چشم درشت (*Sphyraena forsteri*) در بنادر صیادی کنارک و پزم انجام شد. تعداد ۳۶ نمونه ماهی به صورت کاملاً تصادفی از بنادر کنارک و پزم جمع‌آوری گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، به روش هضم اسیدی، غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم به‌وسیله دستگاه جذب اتمی Contr-AA- 700 اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج مطالعه، میزان تجمع فلزات سنگین بین نمونه‌های دو منطقه متفاوت بود. میزان سرب در عضله ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت به‌ترتیب ۰/۱۲±۰/۵۹ و ۰/۲±۰/۵۵ و غلظت کادمیوم به‌ترتیب ۰/۱۵±۰/۰۷ و ۰/۱±۰/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. همچنین میزان سرب و نیکل در ماهی کوتر چشم درشت کمتر از نمونه‌های شوریده بود. میزان غلظت سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت کمتر از حدمجاز استانداردهای وزارت شیلات و کشاورزی انگلستان (MAFF)، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)، سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO) و آژانس حفاظت محیطزیست آمریکا (USEPA) بود، به‌جز غلظت فلز نیکل که در مقایسه با حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) بیشتر به‌دست آمد.

لغات کلیدی: سرب، کادمیوم، نیکل، ماهی شوریده، ماهی کوتر چشم درشت

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

مقدمه

امروزه آلودگی محیط‌های آبی به‌خصوص آلودگی دریاها از عوامل تهدیدکننده‌ای است که انسان با آن مواجه است (Barbieri and Elisangela, 2009). دریای عمان یکی از اکوسیستم‌های آبی مهم منطقه به‌شمار می‌رود که با ذخایر گیاهی و جانوری غنی از تنوع ژنتیکی، به عنوان یکی از منابع مهم محیط‌زیست با بیش‌ترین تنوع زیستی در حوزه قاره آسیا محسوب می‌شود. دو گونه از ماهیان این دریا شامل شوریده و کوتر چشم درشت، ارزش تغذیه‌ای بالایی در بین مردم سواحل استان سیستان و بلوچستان دارند و جزو پرطرفدارترین ماهیان دریای عمان می‌باشند. این ماهیان به علت دارا بودن گوشتی لذیذ، از دیرباز مورد توجه بشر بوده‌اند (Shahri *et al*., 2017). شهرستان کنارک با مساحتی بالغ بر ۱۱۵۶۷ کیلومترمربع و به مرکزیت شهر کنارک است که در غرب شهرستان چابهار و در جنوب غرب استان سیستان و بلوچستان استقرار یافته است. از لحاظ مختصات جغرافیایی در ۲۵ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (Baluch, 2018). خلیج پزم با طول ۱۸ کیلومتر در ۱۰ کیلومتری غرب خلیج چابهار واقع شده است. مختصات جغرافیایی خلیج پزم ۶۰ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۲۵ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی است (Einali and Chegini, 2017). بسیاری از مردم از ماهی به عنوان بخشی از رژیم غذایی روزانه خود استفاده می‌کنند، زیرا حاوی مواد معدنی مختلف، مواد مغذی مانند پروتئین با کیفیت بالا، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب امگا-۳ است (Bosch *et al*., 2016). از سوی دیگر، یکی از مشکلات اساسی در جهان امروز ورود عناصر فلزی به محیط‌های دریایی است. این عناصر فلزی به علت داشتن سمیت و انباشتگی، از اهمیت زیست‌محیطی زیادی برخوردارند، چنان‌که بر اکوسیستم و تنوع گونه‌های دریایی اثرات جبران‌ناپذیری می‌گذارند. با افزایش فعالیت‌های انسانی در زمینه‌های مختلف از جمله کشاورزی، صنعت، گسترش نیروگاه‌ها، کشتی‌سازی، کشتیرانی و فعالیت‌های آبزی‌پروری و نیز فزونی ریزش فاضلاب‌ها و پساب‌های ناشی از فعالیت آنها به اکوسیستم دریا سبب شده است تا بار آلودگی محیط دریایی افزایش یابد (آبکنار و همکاران، ۱۳۹۷). فلزات سنگین به علت داشتن ویژگی‌هایی نظیر تجمع‌پذیری و تجزیه‌ناپذیری، در بافت‌های عضلات، استخوان‌ها، چربی و مفاصل انسان ته‌نشین و انباشته می‌گردند (Yousefinejad *et al*., 2018). عناصر سمی از قبیل جیوه، آرسنیک، کادمیوم، سرب و نیکل، از منابع مهم آلاینده‌های زیست‌محیطی به‌شمار می‌روند که در بدن انسان اثرات سمی دارند و باعث بروز انواع بیماری‌ها می‌شوند (Shahri *et al*., 2017). سرب از عناصر غیر ضروری برای بدن است. افزایش فشارخون در افراد بزرگسال، علائم عصبی و افزایش اختلالات عصبی در کودکان از علائم اولیه مسمومیت با فلز سرب می‌باشند. همچنین سرب موجب سقط‌جنین و نارسی نوزاد، کم‌خونی، آسیب‌های کلیوی، آسیب سیستم عصبی و مغز، ضعف یا فلج عضلانی، ناباروری مرد و آسیب اسپرم، افزایش فشارخون و کاهش قدرت یادگیری در کودکان می‌شود (Sousa Viana *et al*., 2011). تجمع فلز کادمیوم در بدن با ایجاد مسمومیت در بافت‌هایی نظیر دستگاه تناسلی مردانه، ریه و کبد به آنها آسیب می‌رساند که عارضه‌های آن شامل: شکم‌درد، اسهال، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، استفراغ شدید، سرطان و آسیب احتمالی DNA است (Paniagua-Castro *et al*., 2008). پیش‌تر، مطالعات نشان داده‌اند که فلز نیکل موجب تحریک در آزادسازی اریتروپویتین از کلیه و در نتیجه باعث فزونی تعداد گلبول‌های قرمز خون می‌شود. نیکل جزو عناصر سرطان زا محسوب می‌شود و در گروه- A تقسیم بندی مواد سرطان‌زای انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGHI) قرار دارد که این گروه به صورت A1- سرطان زای تأیید شده انسانی، A2- مشکوک به سرطان زایی در انسان A3- سرطان زای تأیید شده در حیوان، A4- جزو مواد سرطان زای انسانی نیست و A5- مشکوک به سرطان زایی در انسان نیست، طبقه‌بندی می‌شود (رضازاده آذری و سیدی، ۱۳۹۸). در تقسیم‌بندی مواد سرطان‌زا، فلز نیکل در گروه A5، ترکیبات محلول آن در گروه A2 و ترکیبات نامحلول آن در گروه A4 قرار دارند. استشمام فیوم‌های نیکل باعث سرطان ریه، معده، حنجره و احتمالاً کلیه می‌شود (Shahri *et al*., 2017). در سال‌های اخیر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

مطالعات متعددی در زمینه سنجش فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهیان انجام شده است. برای مثال، Solgi و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی میانگین غلظت فلزات سنگین مس، روی و آهن در بافت‌های سه گونه ماهی در سد منجیل پرداختند. در این پژوهش میزان مس و روی در عضله گونه‌های *Vimba persa*، *Auratus Carassius* و *Luciobarbus capito* در مقایسه با حد مجاز استانداردهای جهانی پایین‌تر بود. زارع رشکوئیه و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی تجمع فلزات سنگین در رسوبات و آبزیان سد خداآفرین میزان آرسنیک و کادمیوم را در رسوب و بافت عضله بیش از استانداردهای FAO و EPA گزارش نمودند. Meng و همکاران (۲۰۲۰) در رودخانه زرد چین، غلظت فلزات سنگین را در عضله دو گونه ماهی *haematocheila* *Liza* و *Lateolabrax japonicas* بررسی نمودند. نتایج نشان داد، میزان تجمع فلزات در بافت کبد و آبشش نسبت به سایر بافت‌ها بیشتر بود. همچنین پایین‌ترین تجمع فلزات سنگین در بافت عضله مشاهده شد. Khanom و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت ماهی‌های *Gudusia chapra* و *Eutropiichthys vacha* در رودخانه پادما در بنگلادش پرداختند. در این مطالعه میزان تجمع فلزات سنگین کمتر از حد مجاز استانداردهای WHO، FAO و USEPA بود. از آن‌جایی‌که ماهی جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی مردم مناطق جنوبی کشور دارد و در سطوح بالای زنجیره غذایی به عنوان یک منبع غذایی، تأثیرات بهداشتی را برای انسان منعکس می‌کند، اطلاع از وضعیت سلامت این ماهیان جهت تغذیه سالم برای مصرف‌کنندگان الزامی است. تاکنون مطالعات اندکی با هدف سنجش غلظت عناصر سنگین در ماهیان دریای عمان و بنادر کنارک و خلیج پزم انجام شده است. لذا، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در بافت عضله، کبد و پوست ماهیان شوریده (*Otolithes ruber*) و کوتر چشم درشت (*Sphyraena forsteri*) در بنادر کنارک و پزم انجام گرفت.

مواد و روش کار

در این تحقیق جهت سنجش غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم از بافت عضله، کبد و پوست ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت در بنادر کنارک و پزم، تعداد ۳۶ نمونه ماهی (از هر ایستگاه ۹ ماهی ۳ ترکیبی از هرگونه) در فصل پاییز جمع‌آوری و به طور جداگانه داخل کیسه پلاستیکی قرار داده و کدگذاری شدند و سپس در جعبه‌های یونولیت همراه با یخ پودر شده نگهداری و در کمترین زمان ممکن به آزمایشگاه انتقال داده شدند. بعد از بیومتری، وزن آنها با ترازوی دیجیتال A&D CO. LD با دقت ۰/۰۰۲ گرم اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از تیغ اسکالپر عاری از آلودگی، به دقت بافت موردنظر برای هر ماهی جداشده و درون ورقه‌های پلاستیکی عاری از هر نوع آلودگی نگهداری شدند. بعد از این مرحله بافت‌های جداشده به صورت مجزا کدگذاری شده و تا زمان شروع آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند. جهت آماده‌سازی نمونه‌ها برای قرائت به‌وسیله دستگاه جذب اتمی، ابتدا مقدار ۱ گرم از بافت‌های عضله، کبد و پوست ماهیان را به طور جداگانه به‌دقت با ترازوی دیجیتال وزن شده و درون ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شدند. سپس ۴/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک (۶۵٪) به هر نمونه اضافه گردید. نمونه‌ها در طول شب جهت عمل هضم مقدماتی در آزمایشگاه (بدون حرارت دادن) قرار داده شدند تا به آهستگی هضم شوند. روز بعد ۱/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک (۷۲٪) به هر یک از نمونه‌ها اضافه گردید. سپس نمونه‌ها در حمام شن در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند تا در اثر حرارت عمل هضم به طور کامل انجام شده و محلول شفاف حاصل گردد. پس از هضم، نمونه‌ها در هوای محیط قرار داده شد تا سرد شوند. پس از سرد شدن و رسیدن نمونه‌ها به دمای محیط با استفاده از آب دیونیزه شده نمونه‌ها را به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و سپس محلول‌های به حجم رسانیده شده با کاغذ صافی واتمن (۰/۴۵ میکرومتر) فیلتر شدند (FAO, 1993). محلول استاندارد هر فلز از محلول ۱۰۰۰ پی پی‌ام آن فلز تهیه شد. اندازه‌گیری غلظت فلزات

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

سنگین سرب، نیکل و کادمیوم به‌ترتیب با طول موج‌های ۲۱۷، ۲۳۲ و ۲۲۸ نانومتر (آبکنار و همکاران، ۱۳۹۷) با دستگاه جذب اتمی کوره مدل Contr-AA- 700 انجام شد. سپس مقدار نهایی سرب، نیکل و کادمیوم در هر نمونه برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم از طریق رابطه ۱ محاسبه گردید:

$M = CV/W$ رابطه (۱)

C = غلظت به دست‌آمده از دستگاه، V = حجم نهایی نمونه (میلی‌لیتر)، W = مقدار ماده مصرفی (گرم)، M = غلظت نهایی نمونه (میلی‌گرم در کیلوگرم)

در این تحقیق، آزمایش‌ها کاملاً به صورت تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، نسخه ۲۰ انجام شد. از آزمون ANCOVA (کوواریانس) برای مقایسه میانگین غلظت فلزات در نمونه‌ها استفاده گردید. همچنین برای رسم جداول از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج

میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در نمونه‌های بافت عضله، کبد و پوست گونه‌های موردمطالعه به‌ترتیب در جداول ۱ الی ۴ ارائه شده است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و نیکل در بافت عضله و کبد در ماهی شوریده بندر کنارک بیشتر از ماهی کوتر چشم درشت بود درحالی‌که میانگین غلظت فلز کادمیوم در نمونه‌های مربوط به ماهی کوتر چشم درشت بیشتر از ماهی شوریده به‌دست آمد (جداول ۱ الی ۴). همچنین میزان تجمع فلزات سنگین بین نمونه‌های دو منطقه متفاوت بود. میانگین فلزات سنگین در بافت عضله ماهی شوریده به صورت نیکل > سرب > کادمیوم و در ماهی کوتر چشم درشت به صورت سرب>نیکل>کادمیوم به‌دست آمد. با توجه به جداول ۱ الی ۴، در هر دو گونه مورد مطالعه، بیش‌ترین میانگین غلظت فلزات سنگین مربوط به فلز کادمیوم (Cd) است که در بافت کبد ماهی کوتر بندر کنارک به ۲/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید. همچنین میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در عضله ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت نسبت به استانداردهای سازمان FDA، MAFF، FAO و USEPA پایین‌تر و میزان نیکل در مقایسه با حد مجاز WHO بیش‌تر به‌دست آمد که در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۱: غلظت فلزات سنگین موردمطالعه در بافت کبد، عضله و پوست ماهی شوریده بندر کنارک (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 1: Concentration of studied heavy metals in the liver, muscle and skin tissue of *Otolithes ruber* of Konarak (mg/kg)

نوع بافت	نوع عنصر					
	سرب		نیکل		کادمیوم	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۱/۱۵	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۱۳	۰/۴۱	۰/۳۳
عضله	۰/۸۱	۰/۱۹	۰/۸۴	۰/۲	۰/۱۴	۰/۳۱
پوست	۰/۸۶	۰/۱۵	۰/۸۲	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

جدول ۲: غلظت فلزات سنگین موردمطالعه در بافت کبد، عضله و پوست ماهی کوتر چشم درشت بندر کنارک (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 2: Concentration of studied heavy metals in the liver, muscle and skin tissue of *Sphyraena forsteri* of Konarak (mg/kg)

نوع بافت	نوع عنصر					
	سرب		نیکل		کادمیوم	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۰/۹۶	۰/۴۸	۰/۶۱	۰/۰۵	۲/۵۷	۱/۱۲
عضله	۰/۶۳	۰/۲۳	۰/۵۶	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۲۷
پوست	۰/۴۷	۰/۰۳	۰/۶۴	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۰

جدول ۳: غلظت فلزات سنگین موردمطالعه در بافت کبد، عضله و پوست ماهی شوریده خلیج پزم (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 3: Concentration of studied heavy metals in the liver, muscle and skin tissue of *Otolithes ruber* of Pozm Bay (mg/kg)

نوع بافت	نوع عنصر					
	سرب		نیکل		کادمیوم	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۰/۴۷	۰/۰۴	۰/۵	۰/۱۵	۱/۷۵	۱/۶۸
عضله	۰/۳۷	۰/۰۶	۰/۳۹	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
پوست	۰/۶۳	۰/۳۴	۰/۵۴	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰

جدول ۴: غلظت فلزات سنگین موردمطالعه در بافت کبد، عضله و پوست ماهی کوتر چشم درشت خلیج پزم (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 4: Concentration of studied heavy metals in the liver, muscle and skin tissue of *Sphyraena forsteri* of Pozm Bay (mg/kg)

نوع بافت	نوع عنصر					
	سرب		نیکل		کادمیوم	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
کبد	۰/۶۸	۰/۳۱	۰/۶۱	۰/۱۶	۱/۵۵	۰/۸۷
عضله	۰/۴۸	۰/۱۷	۰/۴۴	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰
پوست	۰/۶۵	۰/۰۸	۰/۶	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰

جدول ۵: مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان موردمطالعه با استانداردهای جهانی (میلی‌گرم در کیلوگرم)

Table 5: Comparison of heavy metal concentrations in muscle tissue of studied fish with international standards (mg/kg)

استانداردها	Pb	Ni	Cd	منبع
WHO	۰/۵	۰/۳۸	۰/۲	Coulibaly *et al*., 2012
FDA	۵	۰/۵	۲	Nwani *et al*., 2010
MAFF	۲	–	۰/۲	Coulibaly *et al*., 2012
NHMRC	۱/۵	۱/۰	۰/۰۵	Shahri *et al*., 2017
FAO	۲	۰/۵	۰/۵	Pourang *et al*., 2005
USEPA	۴	۱	۰/۲	Mishra *et al*., 2007
Otolithes ruber	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۰۷	مطالعه حاضر
Sphyraena forsteri	۰/۵۵	۰/۵	۰/۰۹	مطالعه حاضر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

بحث

براساس نتایج، میزان تجمع غلظت عناصر سنگین مورد بررسی در نمونه‌های دو منطقه کنارک و خلیج پزم متفاوت بود. میانگین فلز سرب در ماهی شوریده کنارک نسبت به ماهی کوتر چشم درشت بالاتر بود. به عبارت دیگر، بالاترین غلظت سرب در ماهی شوریده صیدشده از بندر کنارک مشاهده شد. در ماهیان گوشت‌خوار از مهم‌ترین مسیرهای ورود فلزات سنگین، تغذیه از جانوران طبقات پایین‌تر در زنجیره غذایی است (Bellassoued *et al*., 2013). بالاتر بودن سرب در نمونه‌های مورد مطالعه کنارک می‌تواند به علت شرایط فیزیکوشیمیایی محیط آبی نظیر pH، دما، شوری، سختی و میزان اکسیژن محلول آن و نیز ساختار زمین‌شناسی آن مناطق، نوع تغذیه ماهیان، وجود صنایع مختلف در منطقه از جمله واحدهای آب‌شیرین‌کن، لنج‌سازی، اسکله صیادی، ورود فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری و در نتیجه، بیشتر در دسترس بودن این فلزات برای آبزیان به‌ویژه ماهی‌ها باشد (دادخواه و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه حاضر، بیش‌ترین غلظت به‌دست آمده در بافت عضله، مربوط به فلز نیکل (Ni) با میانگین ۰/۸۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در ماهی شوریده نمونه‌های کنارک مشاهده شد. غلظت بالای نیکل معمولاً ناشی از منابع انسانی از جمله تردد نفت‌کش‌ها، قایق‌ها، کشتی‌ها و نفت خام است. از آن‌جایی‌که در بنادر کنارک و پزم، تخلیه و بارگیری به‌وسیله لنج‌ها صورت می‌گیرد، انتظار می‌رود، وجود فلز نیکل در این بنادر ناشی از نفت خام باشد (Hatami *et al*., 2018). مسیر جذب و مکانیسم انتقال آنها به بدن ماهی وابسته به عوامل مختلفی است که شکل شیمیایی فلز (یونی یا نمک‌های آنها) در تعیین این مسیر بسیار مهم است (Canli and Atli, 2003). در این مطالعه میانگین فلز کادمیوم در بافت عضله نمونه‌های موردمطالعه هر دو ناحیه نسبت به سایر عناصر کمتر بود. مقدار کادمیوم معمولاً در محیط‌زیست پایین است. با توجه به غلظت به‌دست‌آمده که کمتر از حد استاندارد است، میزان آلودگی فلز کادمیوم برای ماهیان مورد مطالعه پایین است و از لحاظ تغذیه فلز کادمیوم در این دو ماهی، خطری برای سلامتی انسان نخواهد داشت (Gandomi *et al*., 2018)، اما میانگین فلزات سرب و نیکل در ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت بیش از استاندارد WHO بود (Coulibaly *et al*., 2012) که با توجه به سمیت عناصر سرب و نیکل، این مقدار برای مصرف‌کنندگان می‌تواند مضر باشد. به طور کلی، مهم‌ترین مسیرهای جذب فلزات سنگین در ماهیان کلیه، کبد و آبشش‌هاست (Newman, 2019) و معمولاً بافت ماهیچه دارای کمترین مقادیر عناصر سنگین در ماهیان است (Al-Yousuf *et al*., 2000). با توجه به نتایج موجود در این بررسی، بافت عضله به عنوان اصلی‌ترین بخش خوراکی ماهی در نمونه‌های خلیج پزم دارای کمترین میانگین تجمع فلزات بود. چنین نتیجه‌گیری (حداقل میزان جذب و تجمع فلزات سنگین)، در عضله آبزیان دیده می‌شود. محققانی نظیر Hedayatifard و همکاران (۲۰۱۸)، Norouzi و همکاران (۲۰۱۹) و Farahbakhsh و همکاران (۲۰۱۹) چنین نتیجه‌ای را در سایر ماهیان گزارش نمودند. کبد ماهی نشانگر مناسبی از لحاظ در معرض قرار گرفتن طولانی‌مدت با عناصر سنگین به‌شمار می‌آید (Krishnamurti and Nair, 1999). دلیل این امر این است که بافت کبد محل متابولیسم عناصر سنگین بوده و می‌تواند شاخص مناسبی برای آلودگی اکوسیستم ماهی به عناصر سنگین باشد. همچنین کبد بافت اصلی در متابولیسم بدن است و صدمات اصلی را تحمل می‌کند (Leatherland, 2010). طبق نتایج، میزان تجمع غلظت فلزات سنگین در بافت کبد متفاوت بود. بیشترین میزان مربوط به غلظت فلز کادمیوم (Cd) بوده است که در کبد ماهی کوتر چشم درشت بندر کنارک به ۲/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید. احتمالاً یکی از دلایل بالا بودن این فلز در بافت کبد گردش آب و آزادسازی و ورود فلزات سنگین از کف به داخل ستون آب و جذب آن به‌وسیله آبزیان است (Shahri *et al*., 2017). روند تجمع فلزات سنگین در اندام کبد ماهی کوتر چشم درشت به صورت "کادمیوم > سرب > نیکل" است. از سوی دیگر، بیشترین غلظت فلز کادمیوم در بافت کبد مشاهده گردید که با نتایج به‌دست‌آمده در تحقیقات Mansouri و همکاران (۲۰۱۶) در بافت‌های مختلف ماهیان رودخانه گاماسیاب و Hedayatifard و همکاران (۲۰۱۸) در بافت‌های مختلف ماهی اوزون‌برون

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

(*Acipenser stellatus*) همخوانی دارد. همچنین در این پژوهش میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در ماهی کوتر چشم درشت نمونه‌های هر دو ناحیه در بافت کبد بالاتر از بافت پوست و عضله بود. اختلاف بین غلظت عناصر در بافت کبد، پوست و عضله می‌تواند مربوط به تمایل عناصر برای واکنش با متالوتیونین‌ها باشد. غلظت متالوتیونین‌ها در کبد بسیار بالاتر از عضله است که این مسئله دلیل تجمع عناصر در غلظت‌های بالاتر در کبد است (Vinodhini *et al*., 2008). میزان نیکل در بافت کبد از ۰/۶۲-۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بوده است. بالاترین میزان غلظت نیکل در بافت کبد، مربوط به ماهی شوریده نمونه‌های کنارک بود. الگوی تجمع فلز سرب در ماهیان مورد بررسی در بافت‌های مختلف به صورت کبد>پوست>عضله بوده است. نتایج مطالعه حاضر میزان کادمیوم و سرب در بافت کبد ماهی کوتر چشم درشت هر دو ناحیه را بالاتر از نیکل نشان می‌دهد، بالاتر بودن کادمیوم و سرب در بافت کبد ماهیان شوریده و کوتر چشم درشت مطالعه حاضر می‌تواند به علت شرایط فیزیکوشیمیایی محیط آبی نظیر pH، دما، شوری، سختی و میزان اکسیژن محلول آن و نیز ساختار زمین‌شناسی آن مناطق، نوع تغذیه ماهیان، ورود فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری و در نتیجه، بیشتر در دسترس بودن این فلزات برای آبزیان به‌ویژه ماهی‌ها باشد (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۹۲). بررسی تحقیقات مختلف در گونه‌های متفاوت ماهی نشان می‌دهد که غلظت عناصر سنگین گاهی در آبشش و گاهی در کبد دارای حداکثر میزان می‌باشند، ولی تقریباً در تمامی تحقیقات، غلظت عناصر سنگین در کبد و آبشش بیش‌تر از عضله است. بر اساس نتایج، میانگین غلظت فلز نیکل در پوست نمونه‌های مورد مطالعه بیش‌ترین میزان را نسبت به سایر فلزات داشته است. همچنین تجمع فلز نیکل در پوست نمونه‌های خلیج پزم کمتر از بندر کنارک بوده است. میزان غلظت سرب در بافت پوست ماهی شوریده کنارک بیشتر از شوریده خلیج پزم به‌دست آمد. میانگین فلز کادمیوم در بافت پوست نمونه‌های هر دو ناحیه زیر حد شناسایی دستگاه بود. به طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت فلزات سنگین سرب و نیکل در بافت پوست در اکثر نمونه‌ها بیشتر از بافت عضله است که با برخی تحقیقات انجام‌شده مطابقت دارد. این نتایج با مطالعه Hassanpour و همکاران (۲۰۱۴) که تجمع فلزات سرب و کادمیوم را در ماهی سفید (*Rutilus kutum*) در تالاب بین‌المللی میانکاله مورد بررسی قرار دادند، مشابهت دارد. همچنین نتایج مشابهی در تحقیقات Sadeghzadeh و همکاران (۲۰۱۴) که غلظت عناصر سنگین را در بافت‌های ماهی سرخو مخطط زرد (*Lutjanus imniscatus*) در آبهای بوشهر اندازه‌گیری نمودند، به‌دست آمد. این نتایج با پژوهش Mansouri و همکاران (۲۰۱۶) در بافت‌های مختلف دو گونه ماهی *H. molitrix* و *C. carpio* از سد قشلاق در شهر سنندج که روند تجمع فلزات به صورت کبد>پوست>عضله گزارش‌شده است، مشابهت دارد. بالاتر بودن غلظت عناصر سنگین در بافت پوست ممکن است ناشی از بالاتر بودن میزان چربی پوست در مقایسه با بافت عضله باشد. زیرا به‌نظر می‌رسد، چربی در بافت‌ها نیز فاکتور مهمی در تراکم آلاینده‌ها در اندام‌های مختلف مانند استخوان، آبشش، کبد، مغز، گناد و پوست باشد (Vinodhini and Narayanan, 2008). پایین بودن تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله در نتیجه تطابق فیزیولوژیک ماهی با محیط اطراف همزمان با رشد ماهی است که این امر می‌تواند در حذف یا خنثی‌سازی عناصر سنگین در بافت عضله مؤثر باشد (Shahri *et al*., 2017). علت اختلاف تجمع عناصر سنگین در مطالعات مختلف با توجه به وضعیت زیستی و اکولوژیک و فعالیت‌های متابولیک (Canli and Atli, 2003) متفاوت است و به رفتار تغذیه‌ای، محل زندگی (Yilmaz and Dogan, 2008)، سن، سطح غذا، فصل نمونه‌برداری، اندازه (Al-Yousuf *et al*., 2000)، فعالیت‌های متابولیسمی و زمان ماندگاری فلزات سنگین در بدن ماهی بستگی دارد. همچنین روش سنجش عناصر سنگین و دستگاه‌های جذب اتمی مختلف نیز در نتایج گزارش‌شده می‌تواند تأثیرگذار باشد (Newman, 2019). در سواحل کنارک و خلیج پزم نیز مانند سایر اکوسیستم‌های دریایی، تجمع فلزات سنگین در گونه‌های مختلف با توجه به زیستگاه آنها و شرایط بیواکولوژی متفاوت است. مهم‌ترین منابع ورود سرب به

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

آبهای ساحلی بندر کنارک و خلیج پزم، می‌تواند وجود لنج‌ها و کشتی‌های صیادی و تجاری فراوان باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه با عنوان «بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین (سرب، کادمیم و نیکل) بر روی بافت‌های عضله، کبد و پوست دو گونه ماهی شوریده و کوتر در بنادر صیادی کنارک و پزم» به شماره ۲۶۲۳۳۵۳ در مقطع کارشناسی ارشد است که با حمایت دانشگاه بیرجند اجرا شده است. بدین‌وسیله از تمام افرادی که ما را در انجام این مطالعه یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

آبکنار، ع.م.، یحیوی، م.، هوشنگ بحری، ا. و جعفریان، ح.، ۱۳۹۷. مطالعه تجمع زیستی فلزات سنگین سرب، مس، جیوه و کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی (*Cynoglossus arel*)، جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum illicifolium*) و رسوبات سطحی سواحل شمالی دریای عمان. فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری، ۱۰(۲): ۱۱۵-۱۲۸. DOI: 20.1001.1.27171388.1397.10.2.15.0

دادخواه، پ.، چمنی، ع. و مرتضوی، ث.، ۱۳۹۵. ارزیابی خطر عناصر سرب، کادمیوم و روی در دو گونه ماهی خوراکی کوسه باله سیاه کوچک (*Carcharhinus limbatus*) و ماهی هامور (*Epinephelus coioides*) خلیج فارس در سال ۱۳۹۵. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط، ۴(۲): ۸۵-۹۳. DOI: 10.22038/JREH.2018.32548.1224

رضازاده آذری، م. و سیدی، م.د.، ۱۳۹۸. کتاب جامع بهداشت عمومی، ارزیابی ریسک مواد شیمیایی در تماس‌های شغلی. جلد اول، ویرایش چهارم، انتشارات کتاب ارجمند، تهران، ۱۰۷۲ صفحه.

زارع رشکوئیه، م.، پورباقر، ه. و اشرفی، س.، ۱۳۹۵. بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین مس، کادمیم و آرسنیک در رسوب و آبزیان سد خداآفرین. نشریه دامپزشکی، ۲۹(۱): ۷۲-۸۰. DOI: 10.22034/vj.2016.10574

عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۲. تجمع زیستی فلزات سرب و روی در کبد و عضله (*Cyprinus carpio*) کپور ماهی سفید (*Rutilus kutum*) و کفال طلایی (*Liza auratus*) بازار تهران. مجله بهداشت مواد غذایی، ۳(۱): ۹۹-۸۹.

Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M., 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex. *Journal of Sciences Total Environment*, 256(2-3): 87-94. DOI: 10.1016/s0048-9697(99)00363-0

Baluch, A.A., 2018. Histopathological effects by the accumulation of heavy metals copper and zinc in the liver of tigertooth croaker (*Otolithes ruber*) in Pozm Bay. Dissertation, University of Chabahar.

Barbieri, E., Elisangela, D.A.P., Filippini, A., Santos, I.S.D. and Garcia, C.A.B., 2009. Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Florianopolis, SC, Brazilian coast. *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 631-638. DOI: 10.1007/s10661-009-1202-4

Bellassoued, K., Hamza, A., Pelt, J. and Elfeki, A., 2013. Seasonal variation of Sarpa salpa fish toxicity, as related to phytoplankton consumption, accumulation of heavy metals, lipids peroxidation level in fish tissues and toxicity upon mice. *Journal of Environmental Monitoring and*

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

Assessment, 185(2): 1137–1150. DOI: 10.1007/s10661-012-2621-1

Bosch, A.C., Oneill, B., Sigge, G.O., Kerwath, S.E. and Hoffman, L.C., 2016. Heavy metals in marine fish meat andconsumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1): 32-48. DOI: 10.1002/jsfa.7360

Canli, M. and Atli, G., 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121(1): 129-136. DOI: 10.1016/S0269-7491(02)00194-x

Coulibaly, S., Celestin Atse, B., Mathias Koffi, K., Sylla, S., Justin Konan, K. and Joel Kouassi, N., 2012. Seasonal Accumulations of Some Heavy Metal in Water, Sediment and Tissues of Black-Chinned Tilapia Sarotherodon melanotheron from Bietri Bay in Ebrie Lagoon, Ivory Coast. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88: 571-576. DOI: 10.1007/s00128-012-0522-1

Einali, A. and Chegini, V., 2017. Study of Temporal and Spatial Variations of Physical Parameters (Temperature, Salinity and Density) Trend of the Pozm Bay. *Journal of Marine Science and Technology*, 3(16): 111-124. DOI: 10.22113/jmst.2016.15354

FAO, 1993. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. Rome: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 5: 1-108.

Farahbakhsh, Z., Akbarzadeh, A. and Naji, A., 2019. Health risk assessment of trace metals Cu, Zn, Ni via the consumption of the prevailing bony fish *Rutilus frisii kutum (Kamansky,1901)*, and *Vimba vimba persa (Linnaeus, 1754)* in Caspian sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28(3): 77-88. DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119236

Gandomi Niyat, S., Mashinchian Moradi, A. and Fatemi, S.M.R., 2018. The study of heavy metals Nickel, Cadmium and Lead concentrations in sediments and muscle of *Pomadasys kaakan* in Lavan Island - Persian Gulf. *National-Regional Conference of the Iranian Association of Environmental Specialists*, 23(108): 1-13.

Hassanpour, M., Rajaei, G., Sinka Karimi, M.H., Ferdosian, F. and Maghsoudloorad, R., 2014. Determination of Heavy Metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (*Rutilus kutum*) from Miankaleh International Wetland and Human Health Risk. *Journal Mazandaran Univ Med Science*, 24(113): 163-170. URL: http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-3801-en.html.

Hatami, P., Naji, A. and Safaei, M., 2018. Accumulation of trace metals (Cd, Cu, Zn and Ni) in the muscle tissue of *Saurida tumbil (Bloch, 1795)* and *Nemipterus japonicus (Bloch, 1791)* from the Oman Sea. *Journal of Applied Fisheries Research*, 5(4): 45-62. URL: http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-503-en.html.

Hedayatifard, M., Khavarpour, M. and Orumi, N., 2018. Evaluation of

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

Relationship between Fatty acids and Heavy Metals Accumulation (Cd, Pb, Hg, Cu) in Fillet, Liver and Skin Tissues of *Stellet Sturgeon (Acipenser stellatus)* in Southwest and Southeast of Caspian Sea. *Veterinary Researches & Biological Products*, 116: 212-224. DOI: 10.22092/vj.2017.109876

Khanom, D.A., Nesa, A., Jewel, M.A.S., Haque, M.A., Paul, A.K., Iqbal, S., Atique, U. and Alam, L., 2020. Muscular Tissue Bioaccumulation and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Two Edible Fish Species (*Gudusia chapra* and *Eutropiichthys vacha*) in Padma River, Bangladesh. *Punjab University Journal of Zoology*, 35(1): 81-89. DOI: 10.17582/journal.pujz/2020.35.1.81.89

Krishnamurti, A.J. and Nair, V.R., 1999. Concentration of metals in fishes from Thane and Bassein creeks of Bomloay. *Journal of India*, 28: 39-44. http//nor.niscair.res.in/hand1e/123456789/25619.

Leatherland, J.F., 2010. Testing results. In: Woo, P.T.K., (ed) Fish Diseases and Disorders, Vol 3E., *CAB INTERNATIONAL*, UK. 416 P.

Mansouri, B., Maleki, A., Davari, B., Karimi, J. and Momeneh, V., 2016. Estimation of daily intake and potential risk of heavy metals in different tissues of fish in Gamasyab River. *Journal Kurdistan University Medical Sciences*, 21(2): 112-121. DOI: 10.22102/21.2.112

Mansouri, B., Maleki, A., Davari, B., Karimi, J. and Momeneh, V., 2016. Bioaccumulation of Cadmium, Lead, Chromium, Copper, and Zinc in Fres hwater Fish Species in Gharasou River in Kermanshah Province, Iran, 2014. *Journal Mazandaran University Medical Sciences*, 26(137): 150-158. URL: http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-7699-en.html.

Meng, G.e., Guijian, L., Houqi, L. and Yuan, L., 2020. Levels of metals in fish tissues of Liza haematocheila and Lateolabrax japonicus from the Yellow River Delta of China and risk assessment for consumers. *Marine Pollution Bulletin*, 157: 111286-111298. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111286

Mishra, P., Socolich, M.A., Graves, J., Wang, Z.F. and Ranganathan, R., 2007. Dynamic scaffolding in a G protein-coupled signaling system. *Call*, 131(1): 80-92. DOI: 10.1016/j.cell.2007.07.037

Newman, M.C., 2019. Fundamentals of Ecotoxicology: The Science of Pollution. *CRC. Press*, USA. 708 p. DOI: 10.1201/9781351133999

Norouzi, M., Sadeghi, M.M., Bagheri Tavani, M. and Zandavar, H., 2019. Heavy Metal Accumulation in Tissues of Three Fish Species from the Persian Gulf. *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(6): 200-212. DOI: 10.22034/JEST.2019.9469.1810

Nwani, C.D., Nwachi, D.A., Okogwu, O.I., Ude, E.F. and Odoh, G.E., 2010. Heavy metals in fish Species from lotic freshwater

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

ecosystem at Afikpo, Nigeria. *Journal of Environmental Biology*, 31(5): 595-601.

Paniagua-Castro, N., Escalona-Cardoso, C., Madrigal-Bujaidar, E., Martinez-Galero, E. and Chamorro-Cevallos, G., 2008. Protection Against Cadmium-Induced Teratogenicity in Vitro by Glycine. *Toxicology in Vitro*, 22(1): 75-79. DOI: 10.1016/j.tiv.2007.08.005

Pourang, N., Nikouyan, A. and Dennis, J., 2005. Trace Element Concentrations in Fish, Surficial Sediments and Water from Northern Part of the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 109(1-3): 293-316. DOI: 10.1007/s10661-005-6287-9

Sadeghzadeh, F.S. and Akbari-Adergani, B., 2014. Bioaccumulation and Exposure Assessment of Lead and Cadmium Due to Consumption of *Penaeus semisulcatus* A Post-market Surveillance in Tehran 2012. *Journal Health System Research*, 10(3): 628-639.

Shahri, E., Khorasani, N., Noori, Gh., Kord Mostafa Pour, F. and Velayatzadeh, M., 2017. Risk assessment of some heavy metals in four species of fish from Oman Sea in spring. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*, 3(1): 30-39. DOI: 10.22038/JREH.2017.23262.1145

Solgi, E., Bigdeli, H. and Solimany, A., 2019. The levels of heavy metals of copper, zinc and iron in muscle and gill tissues of the three species of (*Carassius auratus*), (*Vimba persa*) and (*Luciobarbus capito*) in the manjil dam. *Journal of Applied Biology*, 32(3): 40-53. DOI: 10.22051/JAB.2020.4413

Sousa Viana, G.F.d., Garcia, K.S. and Menezes-Filho, J.A., 2011. Assessment of carcinogenic heavy metal levels in Brazilian cigarettes. *Environ Monitoring andAssessment*, 181(1-4): 255-265. DOI: 10.1007/s10661-010-1827-3.

Vinodhini, R. and Narayanan, M., 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5: 179-182. DOI: 10.1007/BF03326011

Yilmaz, A.B. and Dogan, M., 2008. Heavy metals in water and in tissues of himri (carasobarbus luteus) from orontes (Asi) river, turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 144: 437-444. DOI: 10.1007/s10661-007-0005-8

Yousefinejad, V., Mansouri, B., Ramezani, Z., Mohmmadzadeh, N. and Akhlaghi, M., 2018. Evaluation of heavy metals in tobacco and hookah water used in coffee houses in Sanandaj city in 2017. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*, 22(6): 96-106. DOI: 10.22102/22.6.96

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]

Bioaccumulation of lead, nickel and cadmium in the muscle, liver and skin of *Otolithes ruber* and *Sphyraena forsteri*

Khoshbin A.*; Pourkhabbaz A.R.

*Ahmadkhoshbin1373@gmail.com

Department of Environmental, Faculty of Environmental and Natural Resources, University of Birjand, Birjand, Iran.

Abstract

One of the major global concerns about the environment is the pollution of aquatic ecosystems by heavy metals. These elements contaminate aquatic environments and accumulate and concentrate at through bioaccumulation in the tissues of living organisms at higher levels of the food chain consumed by humans. The aim of this study was to investigate the concentrations of three heavy metals, lead, nickel and cadmium, in the muscle tissue of two species of fish *Otolithes ruber* and *Sphyraena forsteri* in the fishing ports of Konarak and Pozm were investigated. 36 fish samples were collected from Konarak and Pazm ports. After preparation of the samples, the concentrations of lead, nickel and cadmium were measured by acid digestion by Contr-AA-700 atomic absorption spectrometer. Based on the results of the study, the amount of hravy metal accumulation was different between the samples of the two regions. The amount of lead in the muscle of *Otolithes ruber* and *Sphyraena forsteri* was 0/59±0/12 and 0/55±0/2 respectively, and the cadmium concentration was 0/07±0/15 and 0/09±0/1 mg/kg, respectively. Also, the amount of lead and nickel in *Sphyraena forsteri* was less than *Otolithes ruber*. Concentrations of lead and cadmium in the muscle tissue of *Otolithes ruber* and *Sphyraena forsteri* less than the standards of the UK Department of Fisheries and Agriculture (MAFF), the US Food and Drug Administration (FDA), the Food and Agriculture Organization (FAO) and the US Environmental Protection Agency (USEPA). Except for the concentration of nickel, which was higher than the WHO standard.

Keywords: Lead, Cadmium, Nickel, *Otolithes ruber*, *Sphyraena forsteri*

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.8.2]