

میزان برخی فلزات سنگین در عضله و هیپاتوپانکراس ماهی مرکب بیری (*Sepia pharaonis*) خلیج چابهار و مقایسه با استانداردهای جهانی (WHO و FAO)

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، تعیین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب، روی، آهن و نیکل در بافت عضله ماهی مرکب بیری (*Sepia pharaonis*) خلیج چابهار و مقایسه با استانداردهای جهانی بوده است. بدین منظور تعداد ۳۰ قطعه ماهی مرکب بیری صیدشده به وسیله ترال کشی در دی‌ماه ۱۳۹۶ و فروردین‌ماه ۱۳۹۷ از اسکله چابهار تهیه گردید. اندازه‌گیری غلظت عناصر پس از هضم شیمیایی نمونه‌های عضله و هیپاتوپانکراس با استفاده از ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک، از طریق طیف‌سنجی نشر اتمی انجام شد. نتایج نشان داد که کمینه مقادیر تجمع یافته در نمونه‌ها مربوط به فلز کادمیوم در بافت عضله و بیشینه مقدار مربوط به عنصر آهن در بافت هیپاتوپانکراس بودند که به ترتیب برابر با $0.028 (\pm 0.004)$ و $7/38 (\pm 0/83)$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بدن سنجیده شدند. بین غلظت کروم و نیکل در بافت‌های عضله و هیپاتوپانکراس تفاوت معنی‌دار دیده شد ($P < 0.05$). عناصر کروم، سرب، روی، کادمیوم، آهن و نیکل عضله در محدوده مجاز استانداردهای WHO و FAO قرار داشتند. بنابراین، بافت عضله ماهیان مرکب بیری خلیج چابهار از نظر غلظت فلزات سنگین موردبررسی، در حد استاندارد محصولات خوراکی بود.

واژگان کلیدی: خلیج چابهار، ماهی مرکب بیری (*Sepia pharaonis*)، عضله، هیپاتوپانکراس، فلزات سنگین.

امین غلامحسینی^۱

نیما شیرینی^{۲*}

سیاوش سلطانیان^۳

رضا سلیقه زاده^۴

۱، ۲، ۳ و ۴. بخش علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

*مسئول مکاتبات:

nimashiry@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۸۰۳۰۷۵۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

مقدمه

فلزات و شبه فلزاتی که چگالی آن‌ها بیش از ۶ گرم بر مترمکعب باشد فلز سنگین نامیده می‌شوند. این فلزات از طریق غذا، هوا و آب وارد بدن شده و به‌مرورزمان در بدن تجمع می‌یابند و به دلیل پایداری بالا، این آلاینده‌ها طی فرآیندهای زیستی تجزیه نمی‌شوند. این فلزات به علت اینکه در مقادیر بسیار کم نیز دارای اثرات سمی می‌باشند، تأثیرات قابل‌توجهی بر سلامت انسان دارند (Duruibe et al., 2007). این فلزات پس از ورود به بوم سامانه‌های آبی وارد چرخه غذایی شده و در بافت‌های مختلف بدن آبزیان تجمع می‌یابند. شدت تجمع فلزات سنگین در آبزیان به شرایط اکولوژیک، فیزیکی و زیستی آب ارتباط دارد (Blevins and Pancorbo, 1986). برخی از فلزات سنگین نظیر مس، روی، آهن و منگنز در مقادیر کم برای فعالیت‌های زیستی بدن ضروری هستند و بعضی از آن‌ها نظیر جیوه، کادمیوم، آرسنیک، نیکل و سرب دارای اثرات مضر می‌باشند که علاوه بر اینکه تعادل زیستی بوم سامانه را مختل می‌کنند باعث بروز اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی بدن آبزیان نیز می‌شوند (Emami khansari et al., 2005). فلزات سنگین گاهی به علت فعالیت‌های طبیعی زمین و گاهی از طریق فعالیت‌های انسانی به‌عنوان اصلی‌ترین عامل افزایش سطح فلزات سنگین وارد محیط‌های آبی می‌شوند (Duruibe et al., 2007).

آلودگی زیستگاه‌های دریایی به فلزات سنگین یک مشکل جدی در بعد جهانی است (De Mora et al., 2004; Usero et al., 2005) و تعیین میزان تجمع این آلاینده‌ها در بدن آبزیان می‌تواند از دو جنبه بوم‌شناختی و بهداشتی اهمیت داشته باشد. از نقطه‌نظر بوم‌شناختی، غلظت

باقیمانده این عناصر سنگین در بدن آبزیان، درواقع نقش نوعی شاخص را در مطالعات سم‌شناسی محیطی ایفا می‌کند و از این طریق پایش دوره‌ای محیط‌زیست و مدیریت آن میسر خواهد شد (Olmedo et al., 2013; Duysak et al., 2013). از دیدگاه بهداشتی نیز سلامت محصولات دریایی مورد مصرف انسانی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (احمدی کردستانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Low et al., 2015).

دریای عمان با وسعت ۱۸۱ هزار کیلومترمربع در جنوب استان سیستان و بلوچستان قرار دارد که به علت دارا بودن منابع جانوری و گیاهی با بیشترین تنوع زیستی یکی از بوم سامانه‌های آبی مهم منطقه می‌باشد. سواحل چابهار به دلایلی مانند وجود منابع غنی طبیعی، آبسنگ‌های مرجانی و زیستگاه‌های لاک‌پشت‌های دریایی جزء مناطق حساس دریایی به حساب می‌آیند، و به علت انجام فعالیت‌های گسترده تجاری در مجاورت آن‌ها، این سواحل نیاز به حفاظت بیشتری دارند. به دلیل خاصیت خود پالایی در بخش دریایی این منطقه احتمال کاهش اثر فلزات سنگین وجود دارد، اما بافت سواحل صخره‌ای این منطقه از سنگ‌های رسوبی و آذرین است که دارای کانی‌های فلزات سنگین بوده و زمینه بررسی فلزات سنگین در آبزیان این منطقه را فراهم می‌کنند. از عمده‌ترین عوامل خطر ساز برای محیط‌زیست بندر چابهار می‌توان به تخلیه آب توازن کشتی‌ها، روغن موتور قایق‌ها و شناورها، آلودگی‌های ناشی از تخلیه ضایعات و زباله‌های شناورها و لنج‌های صیادی، پساب‌های شهری، تخلیه و بارگیری مواد نفتی، سوخت‌گیری شناورها، جابجایی مواد نفتی در دریا، حوادث و تصادفات کشتی‌ها اشاره نمود (شهری و ولایت زاده، ۱۳۹۶). بنابراین انجام تحقیقات به‌منظور بررسی خطرات حاصله از ورود عناصر سنگین به این بوم سامانه و اثرات آن بر آبزیان بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) یکی از گونه‌های مهم نرم‌تنان باقابلیت تجمع فلزات سنگین و انتقال آن به سطوح بالای زنجیره غذایی در بوم سامانه‌های آبی می‌باشد (Miramand and Bentley, 1992; Bustamante et al., 2008). ماهی مرکب ببری از سرپایان دارای ارزش اقتصادی زیادی در آب‌های جنوب کشور است که از دریای عمان تا خلیج فارس گسترش دارد و این موجودات در زنجیره‌های غذایی دریاها نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند، به‌طوری‌که نوزاد آن‌ها منبع عظیم غذایی برای بسیاری از جانوران است (زاهدی و همکاران، ۱۳۹۵). تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که برخی یون‌های فلزی نظیر سدیم، کلسیم، منیزیم و آهن نقش فعالی در ساختار و عملکرد گرانول‌های ملانین موجود در کیسه مرکب این جانوران دارند. وجود آلودگی به ترکیبات آلی و فلزات سنگین در محیط‌زیست ماهیان مرکب، می‌تواند روی ریخت‌شناسی و محتوی یونی-فلزی گرانول‌های ملانین اثرگذار بوده و در نتیجه سبب کاهش عملکرد این ابزار دفاعی و شکارگری گردد (Liu and Simon, 2005). فلزات سنگین انباشته‌شده از طریق جیره غذایی این آبزیان، به محصولات تولیدمثلی آن‌ها به‌ویژه تخمک‌ها منتقل گردیده و از این طریق، بحث انتقال عناصر کادمیوم، کبالت، منگنز و روی از مادر به نوزادان مطرح گردیده است (Lacoue-Labarthe et al., 2008). در معرض قرارگیری ماهیان مرکب جوان با فلز روی سبب افزایش تجمع برخی دیگر از عناصر سنگین (کادمیوم و مس) در بدن آن‌ها شده و منجر به بروز پاسخ‌های زیستی نظیر کاهش سطح فعالیت متالوتیونین همولنف و افزایش پراکسیداسیون چربی در غده گوارشی شده است (Le Pabic et al., 2015). تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف بدن ماهی مرکب و همچنین در بین دو جنس (نر و ماده) با یکدیگر متفاوت است (Duysak et al., 2013). در تحقیقی که بر روی باقیمانده فلز کادمیوم در بافت‌های ماهی مرکب ببری در آب‌های دور از ساحل استان هرمزگان صورت گرفت، مشخص شد که این عنصر به‌طور معنی‌داری در هیاتوپانکراس (۴۱۷/۲۲ میکروگرم بر گرم) بیشتر از عضله (۰/۵۸ میکروگرم بر گرم) تجمع زیستی داشته است (اسود و همکاران، ۱۳۹۲). تاکنون گزارش‌های مختلفی مبنی بر غلظت بالای فلزات سنگین در گونه‌های مختلف رده سرپایان (Class: Cephalopoda) ارائه شده است. Bustamante و همکاران (۲۰۰۲)، غلظت کادمیوم را در ۱۲ گونه از این رده در شمال شرقی اقیانوس اطلس (محدوده سواحل فرانسه تا نواحی زیر قطبی) اندازه‌گیری کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان کادمیوم در گونه‌های صیدشده از نواحی زیر قطبی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سواحل فرانسه بود. Storelli و همکاران (۲۰۰۶) همچنین میزان تجمع کادمیوم و جیوه را در عضله و هیاتوپانکراس گونه‌های مختلف سرپایان اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که میزان کادمیوم در هیاتوپانکراس به‌مراتب بیشتر از عضله می‌باشد و به‌طور مشابهی میزان جیوه موجود در هیاتوپانکراس نیز تقریباً دو برابر عضله بود.

ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaoni*) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های صید دور ریز یا ضمنی (Bycatch) در ترکیب گونه‌ای ترال‌کشی‌های سواحل دریای عمان همواره مطرح بوده و از پراکنش و فراوانی مناسبی جهت صید هدفمند برخوردار است. ذخایر این آبزی معمولاً در فصول گرم سال (اردیبهشت الی شهریورماه) در آب‌های دور از ساحل دریای عمان زیست می‌کنند، ولی پس از رخداد مانسون (از حوالی مهر و آبان الی فروردین‌ماه) به نزدیکی آب‌های ساحلی و خلیج‌هایی نظیر خلیج چابهار جهت تخم‌ریزی وارد می‌شوند (صلاحی گزاز و همکاران، ۱۳۹۴). اگرچه مصرف گوشت ماهی مرکب که در سواحل شمالی تنگه هرمز و دریای عمان انکاس نامیده می‌شود، در شرع اسلامی - شیعی فاقد حلیت است (رحمتی‌دروازی، ۱۳۸۸) بنابراین بازار داخلی نیز برای این محصول دریایی وجود ندارد، اما همچنان می‌توان نگرانی از منظر سلامت عمومی آلودگی به فلزات سنگین در مورد آن را، در بازارهای جهانی و به‌ویژه صادرات به جنوب شرقی آسیا حفظ نمود. از این‌رو، در این پژوهش میزان فلزات سنگین تجمع یافته در بافت‌های عضله و هیاتوپانکراس این گونه خلیج چابهار تعیین شده و جنبه‌های محیط زیستی و بهداشتی آن از طریق مقایسه با مقادیر استاندارد جهانی موردتوجه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در پژوهش پیش رو، خلیج چابهار با مرکزیت بندر چابهار (25.2969°N , 60.6459°E) که مهم‌ترین و راهبردی‌ترین بندر در شرقی‌ترین نقطه سواحل شمالی دریای عمان می‌باشد (Nami and Mohammadpour, 2011)، به‌عنوان محل تخلیه محصولات صیادی انتخاب شد. جهت بررسی میزان فلزات سنگین باقیمانده در بدن ماهی مرکب ببری، تعداد ۳۰ نمونه که صیدگاه آن‌ها خلیج چابهار بوده است، به‌صورت تازه از صیادان به‌عنوان یکی از محصولات ضمنی صید ترال در دو مرحله شامل زمستان (۲۰-۱۷ دی‌ماه ۱۳۹۶) و بهار (۲۳-۲۱ فروردین ۱۳۹۷) خریداری شده و پس از انجماد در دمای -20°C درجه سانتی گراد (توسط فریزر آزمایشگاه بیولوژی آبزیان دانشگاه علوم دریایی چابهار) در میان کیسه‌های حاوی یخ، به دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز ارسال شدند. در آزمایشگاه بخش بهداشت آبزیان (شیراز)، نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر، زیست‌سنجی شده و طول کل، طول جبه (مانتل) و وزن آن‌ها با استفاده از تخته زیست‌سنجی و ترازوی دیجیتال (با دقت بالای ۰/۱) محاسبه گردید. جهت تهیه بافت‌های موردنیاز نمونه‌ها را کالبدشکافی نموده و پس از جداسازی عضله و هیاتوپانکراس، مقدار معینی از آن‌ها توزین گردید. پس از تعیین وزن تر، بافت‌ها را به‌طور جداگانه در پلیت‌های مخصوص قرار داده و به مدت ۲۴ ساعت در داخل فریز درایر (در دمای -87°C - درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند تا رطوبت خود را از دست‌داده و کاملاً خشک شوند. نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از مخلوط‌کن و هاون چینی به‌صورت پودر درآورده شد. برای یکنواخت ساختن نمونه‌ها، از الک ۲۳۰ میکرون عبور داده شد (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۷). پودر آماده‌شده تا زمان هضم شیمیایی نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی در بسته نگهداری شدند. برای هضم شیمیایی نمونه‌ها از ترکیب اسید نیتریک و اسید پرکلریک استفاده شد (Türkmen et al., 2009). برای این کار ابتدا مقدار ۱ گرم از هر نمونه را توزین و داخل یک بشر پلی‌اتیلنی قرار داده و حجم ۱ میلی‌لیتر محلول اسیدی با نسبت ۷ به ۳ اسید نیتریک به اسید پرکلریک افزوده شد و به مدت ۲۴ ساعت در حمام (۶۵ سانتی‌گراد) قرار داده شدند. محلول‌های نهایی با گذراندن از کاغذ صافی واتمن No.42 و حل شدن در اسید نیتریک ۱۰ درصد (با حجم ۲۵ میلی‌لیتر) به دست آمدند. برای بالا بردن میزان دقت آزمایش و کاهش میزان خطا تمام ظروف مورد استفاده در نمونه‌برداری، هضم و نگهداری نمونه‌ها از قبل به مدت ۲۴ ساعت داخل اسید نیتریک رقیق قرار داده شد و سپس با آب مقطر شستشو و خشک گردید (Olmedo et al., 2013). سنجش غلظت فلزات سنگین باقیمانده در بافت عضله جانور، شامل کادمیوم (Cd)، سرب (Pb)، روی (Zn)، نیکل (Ni)، آهن (Fe) و کروم (Cr)، از طریق دستگاه طیف‌سنجی نشر اتمی (شرکت Shimadzu مدل AA-670) و مبتنی بر روش Moopam (۲۰۰۵) اندازه‌گیری و با استفاده از منحنی کالیبراسیون مقادیر جذب به غلظت تبدیل شده و مقدار نهایی گزارش گردید. در این پژوهش برای دستیابی به غلظت موردنظر فلز از استاندارد مرجع (Standard

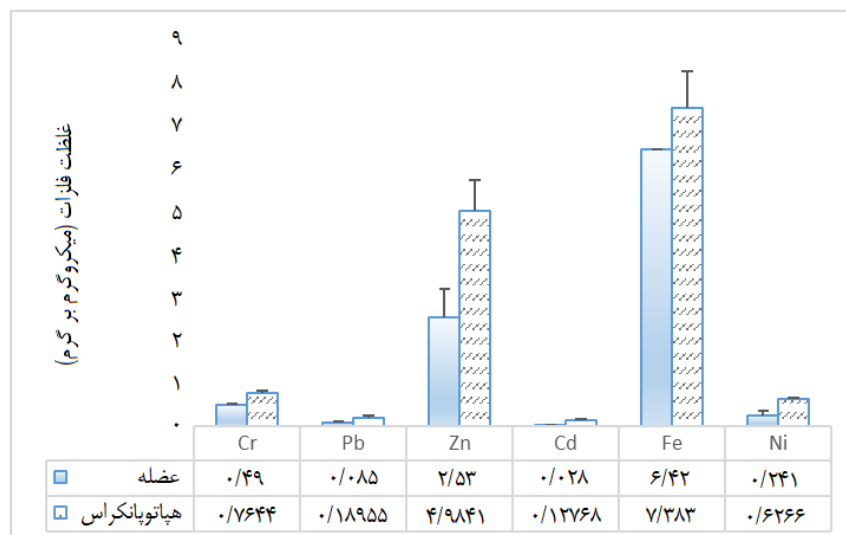
استفاده شد. برای این کار ابتدا غلظت‌های مختلف استاندارد فلزات سنگین به تعداد ۶ استاندارد ساخته شد و پس از تزریق به دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون عناصر رسم شد. پس از آن نمونه‌های آماده‌شده به دستگاه تزریق شد و غلظت موردنظر قرائت گردید. در تجزیه و تحلیل آماری، آزمون کولموگروف اسمیرنوف به منظور بررسی وضعیت همگنی داده‌ها و نرمال بودن توزیع آن‌ها، آزمون تی تک نمونه‌ای (One sample t-test) برای مقایسه غلظت عناصر سنگین با مقادیر مندرج در استانداردهای سازمان‌های بهداشت جهانی (WHO) و خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، و آزمون تی مستقل (Independent t-test) جهت مقایسه باقیمانده فلزات نمونه‌ها در مراحل مختلف نمونه‌برداری، در محیط SPSS 20.0 مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج

نتایج حاصل از آمار توصیفی داده‌های تحقیق نشان داد که میانگین طول کل (میلی‌متر)، طول جبه (میلی‌متر) و وزن کل (گرم) ماهی مرکب خلیج چابهار برابر با $311 (\pm 38)$ ، $213/5 (\pm 18)$ ، $1725/4 (\pm 263/3)$ بودند. کمینه مقادیر تجمع یافته در نمونه‌ها مربوط به فلز کادمیوم در بافت عضله و بیشینه مقدار مربوط به عنصر آهن در بافت هیپاتوپانکراس بودند که به ترتیب برابر با $0/028 (\pm 0/004)$ و $7/38 (\pm 0/83)$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بدن سنجیده شدند (شکل ۱). همچنین، میانگین (هر دو بافت) غلظت‌های فلزات سنگین کروم، سرب، روی، کادمیوم، آهن و نیکل به تفکیک فصل‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: میانگین غلظت فلزات سنگین نمونه‌های ماهی مرکب (*Sepia pharaonis*) خلیج چابهار به تفکیک فصل‌های نمونه‌برداری (۱۳۹۶-۱۳۹۷).

فصل	کروم (Cr)	سرب (Pb)	روی (Zn)	کادمیوم (Cd)	آهن (Fe)	نیکل (Ni)
زمستان	$0/0667/094$	$0/0168/049$	$4/1337/09$	$0/0095/02$	$6/1453/043$	$0/0506/075$
پائیز	$0/0588/107$	$0/0107/034$	$3/0177/94$	$0/006/013$	$7/0235/988$	$0/0361/096$
میانگین	$0/0627/056$	$0/0137/043$	$3/0757/82$	$0/0077/025$	$6/0901/634$	$0/0434/103$



شکل ۱: غلظت فلزات سنگین تجمع یافته در بافت‌های ماهی مرکب (*Sepia pharaonis*) خلیج چابهار (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک بدن) (۱۳۹۶-۱۳۹۷).

نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف حاکی از این است که با توجه به سطح معنی‌داری بیش از ۹۵ درصد، تفاوت معنی‌داری بین فراوانی مشاهداتی هیچ‌یک از باقیمانده عناصر سنگین با مقادیر مورد انتظار مشاهده نشد و توزیع جامعه نرمال بود. بنابراین به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری، از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. جدول ۲ نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات سنگین بین بافت‌های عضله و هپاتوپانکراس را نشان داده است:

جدول ۲: مقایسه میانگین سطوح باقیمانده فلزات سنگین نمونه‌ها در بافت‌های عضله و هپاتوپانکراس ماهی مرکب (*Sepia pharaonis*) (۱۳۹۶-۱۳۹۷).

تست لون			تست مستقل		
عنصر سنگین	F	سطح معنی‌داری	T	Df	سطح معنی‌داری (دو دامنه)
فاصله اطمینان (۹۵٪)					
					میانگین اختلاف
					حد پائینی حد بالایی
کروم (Cr)	۳/۱۴۴	۰/۲۳۸	-۶/۰۷۷	۲۹	۰/۰۲۶
سرب (Pb)	۱/۵۴۷	۰/۰۷۸	-۱/۵۹۳	۲۹	۰/۲۵۲
روی (Zn)	۷/۹۲۹	۰/۴۸۲	-۲/۶۲۹	۲۹	۰/۱۱۹
کادمیوم (Cd)	۷/۳۵۴	۰/۵۶۲	-۲/۵۰۵	۲۹	۰/۱۲۹
آهن (Fe)	۳/۸۹۶	۰/۲۳۴	-۱/۳۴۵	۲۹	۰/۳۱۱
نیکل (Ni)	۵/۸۷۳	۰/۴۶۷	-۱۳/۸۰۸	۲۹	۰/۰۰۵
					۰/۰۲۶۴ -۰/۵۰۴ -۰/۳۸۴

یافته‌ها حاکی از این بود که اختلاف آماری تنها بین غلظت کروم (Cr) و نیکل (Ni) در بافت‌های عضله و هپاتوپانکراس دیده شد ($P < ۰/۰۵$) و غلظت سایر فلزات سنگین در این دو بافت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P > ۰/۰۵$). به‌علاوه، هیچ اختلاف آماری بین میانگین غلظت فلزات سنگین در فصل‌های مختلف نمونه‌برداری دیده نشد ($P < ۰/۰۵$).

میزان برخی فلزات سنگین در عضله و هیاتوپانکراس ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) خلیج چابهار و ... / غلامحسینی و همکاران

در جدول ۳، نتایج حاصل از مقایسه میانگین فلزات سنگین موجود در بافت خوراکی (عضله) با استانداردهای جهانی نشان داده شده است:

جدول ۳: مقایسه آماری باقیمانده فلزات سنگین عضله ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) با استانداردهای جهانی (WHO و FAO).

غلظت میانگین	حد استاندارد	مرجع استاندارد	تفاوت میانگین از استاندارد	T	df	P-Value
(برحسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بدن)						
عنصر سنگین						
کروم (Cr)	۰/۴۹	FAO, 1983	-۲۹/۵۱	-۲۵۵۵/۶۴	۲۹	۰/۰۰۰
سرب (Pb)	۰/۰۸۵	WHO, 1989	-۱/۹۱۵	-۱۳۲/۶۷۵	۲۹	۰/۰۰۰
روی (Zn)	۲/۵۳	FAO, 1983	-۲۷/۴۶۵	-۷۱/۵۳۵	۲۹	۰/۰۰۰
کادمیوم (Cd)	۰/۰۲۸	WHO, 1989	-۰/۹۷۱	-۴۸۰/۷۶۸	۲۹	۰/۰۰۰
آهن (Fe)	۶/۴۲	WHO, 1989	-۹۳/۵۸	-۴۸۰/۷۶۸	۲۹	۰/۰۰۰
نیکل (Ni)	۰/۲۴۱	FAO/WHO, 1989	-۹/۷۵۹	-۱۰۲۷/۳۶	۲۹	۰/۰۰۰

بر این اساس، کلیه فلزات سنگین سنجش شده در عضله ماهی مرکب ببری برداشت شده از خلیج چابهار، به طور معنی داری کمتر از بیشینه غلظت قابل قبول برای مصرف انسانی هستند ($P < 0/05$). به عبارت دیگر، عناصر کروم، سرب، روی، کادمیوم، آهن و نیکل همگی در محدوده مجاز سازمان های بهداشت جهانی (WHO) یا خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO) قرار داشتند.

بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر باهدف تعیین میزان فلزات سنگین باقیمانده در بدن ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) خلیج چابهار انجام شد. در مورد آلودگی خلیج چابهار به فلزات سنگین، (Bazzi (2015) بیشترین انباشتگی این عناصر را در مجاورت نواحی مسکونی دانسته است. بندر چابهار به عنوان یکی از مناطق آزاد تجاری-صنعتی (از منظر سازمان گمرک ایران)، حجم بالای حمل و نقل دریایی و جمعیتی متجاوز از ۱۰۰ هزار نفر آلوده ترین ناحیه در ساحل شمالی دریای عمان است، که میزان قابل توجهی از آلاینده های تولیدی از طریق خلیج چابهار وارد دریا می شود (Sadatipour et al., 2010). گرچه آلودگی به فلزات سنگین در رسوبات و گونه ای از دوکفه ای ها (*Saccostrea cucullata*) در این ناحیه تأیید شده است (Bazzi, 2015; Shakouri and Gheytsi, 2018)، اما مطالعه شهری و همکاران (۱۳۹۶) و غلامحسینی و همکاران (۱۳۹۷) که به ترتیب بر روی گونه های ماهی و میگوی خلیج چابهار صورت گرفت نشان داد که مصرف روزانه این محصولات دریایی از منظر مسمومیت با فلزات سنگین یا عوارض دیگر نمی تواند خطری را متوجه مصرف کننده سازد.

عوامل مختلفی از قبیل وضعیت فیزیولوژیک، عادات غذایی، ژنتیک، اندازه و همچنین شرایط محیط زیستی بر تجمع عناصر سنگین در بافت های مختلف بدن آبزیان مؤثرند (Bustamante et al., 2008). به نظر می رسد که با توجه سمیت کم و نقش عنصر آهن و روی در فرایندهای زیستی (پورباقر و همکاران، ۱۳۹۳)، بیشتر بودن مقدار آن ها نسبت به سایر فلزات توجیه پذیر باشد. نتایج مطالعه حاضر با نتایج Thanonkaew و همکاران (۲۰۰۶) که عناصر آهن و روی را به عنوان بیشترین مواد معدنی در بافت عضله ماهی مرکب معرفی کردند، کاملاً مطابقت دارد. در مورد عنصر سمی کادمیوم، علی رغم تجمع این عنصر کمیاب در رسوبات زیست بوم خلیج باوجود حمل و نقل دریایی کشتی ها و نفت کش ها، نقش متالوتیونین در کاهش باقیمانده بافتی می تواند قابل توجه باشد (Le Pabic et al., 2015). در تحقیقی که پیش تر توسط نگارندگان بر روی تجمع فلزات سنگین در میگوهای صید شده از سواحل شمالی دریای عمان صورت گرفته بود نیز به طور مشابهی میزان کادمیوم کمتر از سایر عناصر

بوده است (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۷). گرچه، میزان این عنصر (همراه با جیوه) از نظر ژئوشیمی بستر خلیج چابهار، ذاتاً کمتر از نواحی اطراف در صفحه تکتونیکی عربستان است. این در حالی است که مقدار نیکل بدون اینکه مربوط به فعالیت‌های انسانی باشد، بیشتر گزارش شده است (Sadatipour et al., 2010).

یافته‌های تحقیق پیش رو حاکی از این هستند که باقیمانده تمامی فلزات موردسنجش در بافت هیپاتوپانکراس بیشتر از بافت عضله بود و این در حالی است که تنها در مورد عناصر کروم و نیکل این تفاوت معنی‌دار بوده است. نتایج Pierce و همکاران (۲۰۰۸) که مقادیر عناصر ضروری و غیرضروری در بافت‌های مختلف گونه *Sepia officinalis* را موردبررسی قرار دادند نیز تأیید کننده همین یافته‌ها است. مطالعات صورت گرفته توسط محققین مقادیر متفاوتی از کادمیوم را در سرپایان گزارش کرده‌اند ولی نکته حائز اهمیت در تمامی این تحقیقات، قابلیت بالای این جانوران در تجمع کادمیوم در هیپاتوپانکراس آن‌ها حتی در مناطقی با آلودگی کم می‌باشد (Miramand and Bentley, 1992; Bustamante et al., 2002). گاهی در برخی گونه‌های این رده میزان کادمیوم تجمع یافته در هیپاتوپانکراس ۹۸ درصد از کل کادمیوم بدن می‌باشد. غلظت‌های بسیار بالای کادمیوم در بافت‌های سرپایان برای اندام‌ها سمی خواهد بود، مگر اینکه یک مکانیسم ذخیره‌سازی و سم‌زدایی مؤثر وجود داشته باشد. هیپاتوپانکراس یکی از مهم‌ترین اندام‌ها برای تجمع، تجزیه و کاهش سمیت فلزات در نرم‌تنان است. در نتیجه می‌توان گفت که این اندام نقش عملکردی مهمی در متابولیسم کادمیوم در سرپایان دارد (Bustamante et al., 2002; Pierce et al., 2008; Ariano et al., 2019). به نظر می‌رسد، در پژوهش حاضر علی‌رغم اینکه کادمیوم تجمع یافته در عضله و هیپاتوپانکراس فاقد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر هستند، هیپاتوپانکراس این جانور مکانیسم مشابهی را در مورد تجمع نیکل و کروم _ با خصوصیتی نزدیک به کادمیوم _ پیش گرفته است تا از بروز مسمومیت احتمالی پیشگیری نماید. با توجه به اینکه عنصر نیکل به عنوان یک عامل زیان‌آور برای دستگاه‌های عصبی، ایمنی و همچنین سرطان‌زا در آبزیان شناخته شده است (Nwabunike, 2016).

گونه‌های مختلف این رده از نرم‌تنان قابلیت متفاوتی در ذخیره‌سازی این عناصر کمیاب را در بدن خود دارند. به‌طوری‌که بالاترین غلظت‌های مس، نیکل، کادمیوم، سرب و آلومینیوم در بافت خوراکی اسکوئیدها نسبت به مقادیر تجمع یافته در بدن ماهیان مرکب، اختاپوس‌ها و اسکوئیدهای باله کوتاه ثبت گردید. بنابراین توصیه شده است که این گروه از سرپایان به‌طور ویژه مورد تغذیه برای کودکان قرار نگیرند (Sangiuliano et al., 2017). ماهی مرکب ببری گونه‌ای کفزی می‌باشد و بر اساس تحقیقات مختلف، کفزیان به‌واسطه نزدیکی به رسوبات بستر و غلظت بالای فلزات سنگین در این ناحیه، در معرض جذب بیشتری از فلزات سنگین نسبت به گونه‌های اعماق بالاتر هستند (Romeo et al., 1999; Amin et al., 2009).

مقایسه باقیمانده فلزات سنگین نمونه‌ها با استانداردهای جهانی WHO و FAO نشان داد که کلیه فلزات سنگین سنجش شده در عضله (به‌عنوان بافت خوراکی) ماهی مرکب ببری خلیج چابهار، به‌طور معنی‌داری کمتر از بیشینه غلظت قابل قبول برای مصرف انسانی هستند. به‌عبارت دیگر، عناصر کروم، سرب، روی، کادمیوم، آهن و نیکل همگی در محدوده مجاز این استانداردها قرار داشتند که این یافته‌ها با نتایج تحقیقات پیشین در مورد سایر آبزیان این خلیج سازگاری دارد (شهری و همکاران، ۱۳۹۶؛ غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۷).

به‌عنوان نتیجه‌گیری، این محصولات دریایی جهت صادرات به کشورهای جنوب شرقی آسیا که مصرف کننده گوشت سرپایان هستند، توصیه می‌شوند و این امر می‌تواند ارزآوری قابل توجهی را نصیب کشور نماید. با توجه به اینکه درصد قابل توجهی از صید دورریز این منطقه مربوط به این آبزی است.

منابع

- احمدی کردستانی، ز.، حمیدیان، ا. ح.، حسینی، س. و اشرفی، س.، ۱۳۹۲. ارزیابی ریسک جیوه ناشی از مصرف میگوی پا سفید (*Lithopenaeus vannamei*)، میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*)، ماهی حلوا سیاه (*Parastromateus niger*) و خرچنگ دراز (*Astacus leptodactylus*)، فصلنامه زیست‌شناسی دریا، ۵ (۱۷): صفحات ۶۳-۷۰.
- صلاحی گزاز، م.، پیغمبری، س. ی.، و عباسپور نادری، ر.، ۱۳۹۴. بررسی ساختار طولی، ترکیب صید و وضعیت تلاش صیادی ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) در ترالره‌های کف دریای عمان. مجله اقیانوس‌شناسی. ۶ (۲۴): صفحات ۶۹-۷۶.
- اسود، س. ر.، اسماعیلی ساری، ع. و ولی نسب، ت.، ۱۳۹۲. سنجش و مقایسه غلظت کادمیوم در بافت عضله و هیپاتوپانکراس ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) و اسکوئید هندی (*Uroteuthis duvauceli*) خلیج فارس، مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۶ (۳): صفحات ۲۳۷-۲۴۴.
- پوری‌اقر، ه.، حسینی، س. و.، خراسانی، ن. ا.، حسینی، س. م. و دلفیه، پ.، ۱۳۹۳. مقدار فلزات سنگین در عضله میگوی سفید هندی *Fennerpenaeus indicus* شیلات (منابع طبیعی ایران)، ۶۷ (۱): صفحات ۱۳-۲۴.
- رحمتی‌دروازی، م. ۱۳۸۸. مبانی فقهی حلیت آبیان از دیدگاه فقه امامیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.
- زاهدی، م. ر.، بحری، ا. ه.، یحیوی، م.، محمدی زاده، ف. و یاسمی، م.، ۱۳۹۵. اثر غنی‌سازی آرتیمیای فرانسیسکانا با اسیدهای چرب بلند زنجیره و ویتامین E بر میزان رشد، بازماندگی و مقاومت در برابر استرس‌های دما و شوری در لارو ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*)، نشریه توسعه آبی‌پروری، ۱۰ (۴): صفحات ۶۱-۵۱.
- شهری، ا.، خراسانی، ن.، نوری، غ.، کرد مصطفی پور، ف. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۶. بررسی و مقایسه غلظت فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم و روی) در عضله ماهیان شوریده، حلوا سیاه، شیر و کوتر در منطقه چابهار، بهداشت مواد غذایی، ۷ (۲): صفحات ۴۳-۵۸.
- شهری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۶. تأثیر فصول گرم و سرد بر تجمع نیکل، کادمیوم و سرب در عضله ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) و زمین کن دم‌ناری (*Platycephalus indicus*) دریای عمان (چابهار)، پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ۱۲ (۱): صفحات ۲۱-۱۰.
- غلامحسینی، ا.، شیرینی، ن.، سلطانیان، س. و علی، م.، ۱۳۹۷. ارزیابی ریسک سلامت میگوهای صیدشده از سواحل شمالی دریای عمان نسبت به برخی عناصر سنگین سمی. مجله بهداشت مواد غذایی. ۸ (۴): صفحات ۴۹-۶۵.
- Ariano, A., Marrone, R., Andreini, R., Smaldone, G., Velotto, S., Montagnaro, S., Anastasio, A. and Severino, L., 2019. Metal Concentration in Muscle and Digestive Gland of Common Octopus (*Octopus vulgaris*) from Two Coastal Site in Southern Tyrrhenian Sea (Italy). *Molecules*, 24: 2401.
- Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C. K. and Kamarudin, M. S., 2009. Gastropod Assemblages as Indicators of Sediment Metal Contamination in Mangroves of Dumai Sumatra, Indonesia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 201(1-4): 9-11.
- Bazzi, A., 2015. Determining the level of heavy metal pollution in surface sediments of the Gulf of Chabahar. *Iranian Journal of Health and Environment*, 8(1): 46-55.
- Blevins, R. D. and Pancorbo, O. C., 1986. Metal Concentration in Muscle of Fish From Aquatic System in East Tennessee, U.S.A. *Water, Air, and Soil Pollution*, 29(4): 361-371.
- Bustamante, P., Cosson, R. P., Gallien, I., Caurant, F. and Miramand, P., 2002. Cadmium Detoxification Processes in the Digestive Gland of Cephalopods in Relation to Accumulated cadmium Concentrations. *Marine Environmental Research*, 53(3): 227-241.
- Bustamante, P., Gonzalez, A. F., Rocha, F., Miramand, P. and Guerra, A., 2008. Metal and Metalloid concentrations in the Giant Squid *Architeuthis Dux* from Iberian Waters. *Marine Environmental Research*, 66(2): 278-287.
- 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(5): 112-118.
- Duysak, Ö., Ersoy, B. and Dural, M., 2013. Metal Concentrations in Different Tissues of Cuttlefish (*Sepia officinalis*) in İskenderun Bay, Northeastern Mediterranean. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(2): 205-210.

- De Mora, S., Fowler, S. W., Wyse, E. and 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(5-6): 410-424.
- Emami khansari, F., Ghazi khansari, M. and Abdollahi, M., 2005.** Heavy Metals Content of Canned Tuna Fish. *Food Chemistry*, 93(2): 293-296.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1983.** Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. Rome, Italy. 102p.
- Food and Agricultural Organization/ World Health Organization, 1989.** Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. Geneva, Switzerland. 372p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014.** Species Fact Sheets. FAO (Fisheries and Aquaculture Department) No. 123.
- Lacoue-Labarthe, T., Warnau, M., Oberhänsli, F., Teyssié, J. L., Jeffree, R. and Bustamante, P., 2008.** First experiments on the maternal transfer of metals in the cuttlefish *Sepia officinalis*. *Marine Pollution Bulletin*, 57(6-12): 826-831.
- Le Pabic, C., Caplat, C., Lehodey, J. P., Milinkovitch, T., Koueta, N., Cosson, R. P. and Bustamante, P., 2015.** Trace metal concentrations in post-hatching cuttlefish *Sepia officinalis* and consequences of dissolved zinc exposure. *Aquatic Toxicology*, 159: 23-35.
- Liu, Y. and Simon, J. D., 2005.** Metal-ion interactions and the structural organization of *Sepia eumelanin*. *Pigment Cell Research*, 18(1): 42-48.
- Low, K. H., Zain, S. M., Abas, M. R., Md Salleh, K. and Teo, Y. Y., 2015.** Distribution and health risk assessment of trace metals in freshwater tilapia from three different aquaculture sites in Jelebu Region (Malaysia). *Food Chemistry*, 177: 390-396.
- Miramand, P. and Bentley, D., 1992.** Concentration and Distribution of Heavy Metals in Tissue of Two Cephalopods, *Eledone cirrhosa* and *Sepia officinalis*, From the French Coast of the English channel. *Marine Biology*, 114(3): 407-414.
- Moopam, R., 2005.** Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Method. Regional organization for the protection of the protection of the marine environment. ROPME, Kuwait. 20p.
- Nami, M. H. and Mohammadpour, A., 2011.** Political Geography and Legal System of Iranian waters. Tehran, Iran. 98-103pp.
- Nwabunike, M. O., 2016.** The effects of bioaccumulation of heavy metals on fish fin over two years. *Journal of Fisheries & Livestock Production*. *Journal of Fisheries and Livestock Production*, 4(2): 100-107. <http://dx.doi.org/10.4172/2332-2608.1000170>.
- Olmedo, P., Pla, A., Hernandez, A. F., Barbier, F., Ayouni, L. and Gill, F., 2013.** Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environment International*, 59: 63-72.
- Pierce, G. J., Stowasser, G., Hastie, L. C. and Bustamante, P., 2008.** Geographic, Seasonal and Ontogenetic Variation in Cadmium and Mercury Concentrations in Squid (Cephalopoda: Teuthoidea) from UK Waters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70(3): 422-432.
- Romeo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z. and Barelli, M. G., 1999.** Heavy Metal Distribution in Different Fish Species from the Mauritania Coast. *Science of the Total Environment*, 232(3): 169-175.
- Sadatipour, S. M. T., Raghavan, B. R., Karimkhani Bahador, A., Deepthi, T., 2010.** Heavy metal scenario in the gulf of Chabahar-Oman Sea. *International Journal of Earth Science and Engineering*, 3(3): 316-322.
- Sangiuliano, D., Rubio, C., Gutiérrez, A. J., González-Weller, D., Revert, C., Hardisson, A., Zanardi, E. and Paz, S., 2017.** Metal Concentrations in Samples of Frozen Cephalopods (Cuttlefish, Octopus, Squid, and Shortfin Squid): An Evaluation of Dietary Intake. *Journal of Food Protection*, 10: 1867-1871.
- Shakouri, A. and Gheytsi, H., 2018.** Bioaccumulation of heavy metals in oyster (*Saccostrea cucullata*) from Chabahar bay coast in Oman Sea: Regional, seasonal and size-dependent variations. *Marine Pollution Bulletin*, 126: 323-329. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.012>.

- Storelli, M. M., Giacomini-Stuffler, R., Storelli, A. and Marcotrigiano, G. O., 2006.** Cadmium and Mercury in Cephalopod Molluscs: Estimated Weekly Intake. *Food Additives & Contaminants*, 23(1): 25-30.
- Thanonkaew, A., Benjakul, S. and Visessanguan, W., 2006.** Chemical composition and thermal property of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) muscle. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(2-3): 127-133.
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y. and Ates, A., 2009.** Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry*, 113(1): 233-237.
- Usero, J., Morillo, J. and Gracia, I., 2005.** Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*, 59(8): 1175-1181.
- World Health Organization, 1989.** Heavy metals-environmental aspects, *Environment Health Criteria*. Geneva, Switzerland. 85p.