تجمع زیستی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب و نیکل) در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*)

- **نرجس اکاتی***: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
- **ملیحه امینی**: گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران
- **هانا اعتمادی**: گروه محیط زیست، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۷

چکیده

این تحقیق با هدف تعیین غلظت فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) سواحل خلیج فارس، طی دو فصل زمستان و تابستان در شهرهای بندرعباس و بوشهر انجام گرفت. به‌طورکلی تعداد ۱۳۰ نمونه خرچنگ شناگر آبی به صورت کاملاً تصادفی نمونه‌برداری شد. پس از جداسازی بافت عضله نمونه‌ها، هضم شیمیایی نمونه‌ها صورت گرفت و تعیین غلظت فلزات با استفاده از دستگاه جذب اتمی انجام گردید. توالی غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در فصول زمستان و تابستان در شهرها به‌صورت Pb>Ni>Cd به‌دست آمد. در فصل زمستان، هر سه فلز و در فصل تابستان کادمیوم و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی تفاوت معنی‌داری را در بین شهرهای مورد مطالعه نشان داد. گرچه میزان سرب در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در شهر بوشهر بیش‌تر از شهر بندرعباس به‌دست آمد، اما این تفاوت معنی‌دار نبود. در هر دو شهر، میانگین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل در خرچنگ شناگر آبی در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری نسبت به فصل زمستان بالاتر بود. هم‌چنین میانگین غلظت سرب در بافت عضله گونه خرچنگ شناگر آبی بندرعباس در فصل تابستان نسبت به زمستان به‌طور معنی‌داری بالاتر به‌دست آمد ($p=0/01$)، اما در بوشهر این تفاوت معنی‌دار نبود. میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در فصول تابستان و زمستان در مقایسه با استانداردهای WHO، FAO وUS FDA پایین‌تر بودند.

کلمات کلیدی: تجمع زیستی، خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*)، فلزات سنگین، خلیج فارس، بندرعباس، بوشهر

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Narjes_Okati@yahoo.com

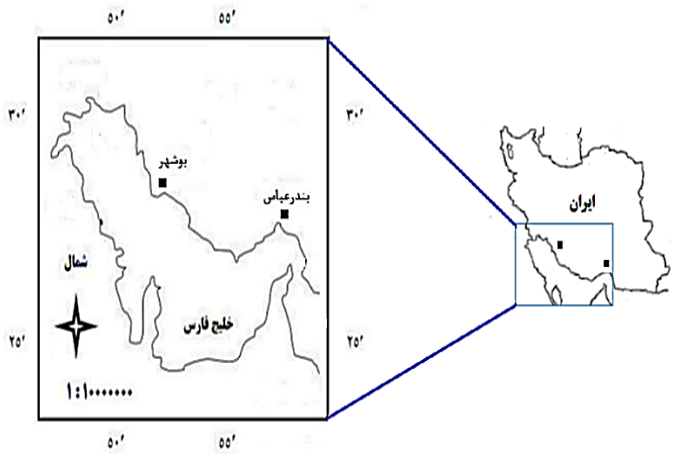
مقدمه

در دهه‌های اخیر، آلودگی آب‌های دریایی با طیف گسترده‌ای از آلاینده‌های زیست‌محیطی به یکی از اساسی‌ترین مشکلات جهان تبدیل شده‌است (Kamaruzzaman و همکاران، ۲۰۱۱). خلیج فارس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی دنیا از لحاظ تنوع‌زیستی، منابع شیلاتی و منابع نفتی غنی، در زمره اکوسیستم‌های منحصر به‌فرد محسوب می‌شود. از طرفی عوامل مختلفی چون افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، گسترش صنایع و استفاده نادرست از منابع طبیعی باعث بروز آلودگی‌های شدید در محیط‌زیست این منطقه گردیده است (حسینی و عبدی‌بسطامی، ۱۳۹۱). به‌طوری‌که این عوامل توانسته‌اند اکوسیستم بی‌نظیر آن‌را تا ۴۷ برابر حد مجاز، آلوده نمایند و بدین طریق آبزیان و موجودات وابسته به آن را با خطر نابودی مواجه سازند. حساسیت راهبردی موجود در آن و تنش‌های سیاسی، نظامی و موضوعات اقتصادی، مسائل مهمی ازجمله آلودگی‌های محیط زیست دریایی را تحت تأثیر قرار داده و خلیج فارس را به یکی از آلوده‌ترین مناطق دریایی مبدل نموده است (نجفی‌اسفاد و دارابی‌نیا، ۱۳۹۰). فلزات سنگین جزو آلاینده‌های زیست‌محیطی پایدارمحسوب می‌شوند که قابلیت تجزیه شدن در طبیعت را ندارند و به این دلیل تمایل به تجمع زیستی در رسوبات و جانداران آبزی دارند (Saei-Dehkordi و همکاران، ۲۰۱۰). این فلزات می‌توانند وارد سطوح مختلف زنجیره غذایی شده و به این طریق به بدن انسان راه یابند و اثرات جدی بر سلامت افراد ایجاد کنند. لذا بررسی این آلاینده‌ها در موجودات زنده از اهمیت بالایی برخوردار است (David و همکاران، ۲۰۱۲). نقش زیستی برخی از فلزات سنگین مانند کادمیوم، سرب و جیوه در متابولیسم طبیعی آبزیان هنوز شناخته نشده است و این فلزات حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده سمی هستند (Turkmen و همکاران، ۲۰۰۸). از مهم‌ترین اثرات سوء ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلز سرب ایجاداختلالات در سیستم‌های عصبی‌محیطی و مرکزی است. کادمیوم عامل ایجادبیماری ایتای‌ایتایی، خستگی استخوان، برونشیت و تخریب کلیه و نیکل موجب تغییر در خون و آنزیم و افزایش فشارهای روانی می‌گردد (عبیدی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به اثرات منفی فلزات سنگین روی بوم‌سازگان‌های آبی، ضروری است که تجمع زیستی آن‌ها در گونه‌های کلیدی به‌عنوان پایش‌گر مورد مطالعه قرار گیرد، زیرا این گونه‌ها شاخصی از گستره زمانی و مکانی فرآیندها و هم‌چنین ارزیابی اثرات نهفته بر سلامت موجودات زنده دیگر در محیط آبی هستند (Fernandes و همکاران، ۲۰۰۷). موجودات کف‌زی به‌دلیل تماس مستقیم با رسوبات کف دریا که محل انباشت نهایی فلزات سنگین هستند، و از سوی دیگر استفاده آن‌ها در رژیم غذایی توسط انسان، نقش مهمی را در انتقال آلاینده‌های فلزی از اکوسیستم دریا به انسان ایفا می‌نمایند (McMurtrie، ۲۰۱۰). خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) یکی از گونه‌های تجاری در جهان و با پراکندگی گسترده در منطقه خلیج فارس و یکی از ذخایر مهم شیلاتی محسوب می‌شود (Kamrani و همکاران، ۲۰۱۰) و اغلب درخورها، آب‌های ساحلی و منطقه بین جزر و مدی تا عمق ۵۰ متر و زیستگاه‌های شنی و گلی به‌صورت مخفی‌شده در رسوبات یافت می‌شود. این گونه دارای مصارف مختلفی است که علاوه بر مصارف خوراکی آن می‌توان به استفاده‌های آن در صنایع غذایی، تصفیه فاضلاب، داروسازی و بخش‌های نانوتکنولوژی به‌دلیل منبع غنی استخراج ترکیبات کیتین و کیتوسان آن اشاره نمود (دریالعل و همکاران، ۱۳۹۰). در ایران پژوهش‌های مختلفی در مورد سنجش میزان عناصر مختلف در بدن سخت‌پوستان انجام‌شده است. اغلب مطالعات در ایران در مورد میگوهای خلیج‌فارس (رضوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ رفیعی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Pourand و Amini، ۲۰۱۳) و لابستر (Raissy و همکاران، ۲۰۱۱) بوده است. دریالعل و همکاران (۱۳۹۰) تجمع فلزات سنگین سرب و کروم در خرچنگ شناگر آبی در سواحل استان هرمزگان در شهرستان بندرعباس و حسینی بررسی نمودند و عبدی‌بسطامی (۱۳۹۱) به اندازه‌گیری غلظت فلزات سرب، مس، کادمیوم و نیکل در خرچنگ شناگر آبی و رسوبات زیستگاه آن در آب‌های بوشهر پرداختند. Ventura-Lima و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مطالعه مشابهی بر روی خرچنگ آبی موجود در خلیج فارس، میزان آرسنیک را در این گونه اندازه‌گیری نمودند. Ayas (۲۰۱۳) به‌بررسی تأثیرات جنسیت و فصل‌ها بر میزان جذب فلزات‌سمی در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در شمال‌شرق دریای مدیترانه پرداخت. پژوهش‌هایی که در زمینه آلودگی‌ها در اکوسیستم‌های آبی انجام می‌شوند از دیدگاه سلامت انسان و بهداشت عمومی حائز اهمیت هستند. از طرفی دیگر در این نوع پژوهش‌ها حفظ حالت توازن اکوسیستم‌های آبی به‌عنوان هدف ثانویه مدنظر است. بنابراین تحقیق حاضر با هدف مقایسه فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) صید شده از شهرهای بندرعباس و بوشهر، طی دو فصل زمستان و تابستان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل سواحل خلیج فارس در شهرهای بندرعباس و بوشهر بودند (شکل ۱). در هر شهر ایستگاه‌های نمونه‌برداری به گونه‌ای تعیین شدند که نزدیک به مکان‌های ورود پساب‌های شهری و صنعتی و هم‌چنین در کنار اسکله‌ها و صیدگاه‌های بزرگ آبزیان قرار گرفته باشند. نمونه‌برداری از خرچنگ شناگر آبی طی فصل زمستان ۱۳۹۶ (دی ماه) و تابستان ۱۳۹۷ (مرداد ماه) با استفاده از

تور ترال و گوشگیر انجام و در کل تعداد ۱۳۰ نمونه خرچنگ شناگر آبی به‌صورت کاملاً تصادفی نمونه‌برداری شد که تعداد ۳۳ و ۳۴ نمونه درفصل‌زمستان، ۳۳ و ۳۰ نمونه در فصل تابستان به‌ترتیب از شهرهای بندرعباس و بوشهر جمع‌آوری شد. هر نمونه ابتدا در داخل نایلون پلاستیکی تمیز به‌صورت جداگانه و سپس‌در یونولیت که حاوی پودر یخ بود، قرار داده‌شد.سپس‌نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند و درون فریزر در دمای^{C}۲۰°- تا زمان انجام آزمایش قرار داده شدند (Okati و Esmaili-Sari، ۲۰۱۸).درآزمایشگاه‌جهت‌حذف آلودگی‌های خارجی، نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند. پس از خروج آب اضافی نمونه‌ها بیومتری (طول کل، عرض کل و وزن کل) و تعیین جنسیت آن‌ها انجام گرفت. جداول ۱ و ۲ نتایج زیست‌سنجی خرچنگ آبی شناگر را در فصول زمستان و تابستان نشان می‌دهند.



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه در سواحل خلیج فارس

جدول۱: نتایج زیست‌سنجی خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصل زمستان

شهر	جنسیت	تعداد	میانگین طول (سانتی‌متر)± انحراف استاندارد	میانگین عرض (سانتی‌متر)± انحراف استاندارد	میانگین وزن (گرم)± انحراف استاندارد
بندرعباس	نر	۱۸	۴/۰±۸۹/۶۲	۱۰/۰±۵۴/۴۳	۸۴/۲±۶۶/۲۳
	ماده	۱۵	۴/۰±۷۸/۶۱	۹/۰±۵۶/۸۲	۸۲/۱۱±۸۴/۲۱
بوشهر	نر	۱۶	۵/۰±۹۷/۵۵	۱۱/۱±۱۵/۱۸	۱۰۵/۹±۳۵/۱۱
	ماده	۱۸	۵/۰±۶۱/۶۶	۱۰/۰±۸۸/۹۰	۹۸/۸±۰۲/۱۲

جدول۲: نتایج زیست‌سنجی خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصل تابستان

شهر	جنسیت	تعداد	میانگین طول (سانتی‌متر)± انحراف استاندارد	میانگین عرض (سانتی‌متر)± انحراف استاندارد	میانگین وزن (گرم)± انحراف استاندارد
بندرعباس	نر	۱۸	۵/۰±۳۰/۷۸	۱۱/۰±۱۲/۶۸	۹۸/۱۱±۱۰/۴۲
	ماده	۱۶	۵/۰±۲۰/۵۱	۹/۰±۸۵/۷۹	۸۹/۱۲±۶۲/۶۴
بوشهر	نر	۱۷	۶/۰±۳۵/۵۸	۱۱/۱±۹۷/۰۴	۱۰۹/۴±۵۶/۳۶
	ماده	۱۲	۵/۰±۶۷/۶۰	۱۱/۰±۸۲/۸۵	۱۰۲/۷±۴۹/۳۹

توزین نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی انجام شد. بافت عضله خرچنگ شناگر آبی جداسازی و وزن گردید. بافت‌های جدا شده جهت خشک شدن درون دستگاه فریز درایر با دمای^{C}۴۰°- به‌مدت ۱۰ ساعت قرار داده شدند. دوباره نمونه‌های خشک شده توزین گردید و درصد رطوبت آن‌ها محاسبه شد. سپس نمونه‌های خشک‌شده توسط هاون چینی آزمایشگاهی پودر شدند. جهت هضم شیمیایی نمونه‌ها از روش‌هضم‌مرطوب استفاده شد(Eboh و همکاران، ۲۰۰۶).اندازه‌گیری فلزات کادمیوم، سرب و نیکل با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی(AAS)مدل ۹۱۹ Unicamانجام‌گردید.جهت‌بهینه کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون برای هر فلز با استفاده از محلول‌های استاندارد آماده شده، ترسیم‌گردید.لازم به‌ذکر است‌تمامی محلول‌های استاندارد مصرفی بسته به نوع فلز مورد آنالیز، از استاندارد مرک (Merck) آلمان با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه گردید. جهت بررسی قابلیت تکرارپذیری غلظت‌های به‌دست آمده از نمونه‌ها، ۱۰٪ ازنمونه‌ها سه بارآنالیز شدند و ضریب تغییرات بین ۰/۰۵ تا ۲/۵ درصد به‌دست آمد که قابل قبول است. حد تشخیص دستگاه برای فلزات کادمیوم، سرب و نیکل به‌ترتیب ۰/۰۰۸، ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر لیتر بود. جهت انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) استفاده شد. بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (Kolmogrove-Smirnove) انجام گردید. با استفاده از آزمون T مستقل در سطح اطمینان ۹۵٪، اختلاف میانگین‌ها مشخص و مقدار $P<0/05$ به‌عنوان تفاوت معنی‌دار درنظر گرفته شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده گردید.

نتایج

میانگین غلظت فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) شهرهای بندرعباس و بوشهر در فصل زمستان در جدول ۳ آورده شده است. میانگین غلظت فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در فصل زمستان در عضله خرچنگ شناگر آبی به‌طور معنی‌داری در بوشهر بالاتر از بندرعباس بود (جدول ۳). میانگین غلظت فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله گونه خرچنگ مورد مطالعه در فصل تابستان در شهرهای بندرعباس و بوشهر در جدول ۴ ارائه شده است. توالی غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصول زمستان و تابستان در شهرهای بندرعباس و بوشهر به‌صورت Pb>Ni>Cd به‌دست آمد. میزان فلزات کادمیوم و نیکل در فصل تابستان بین شهرهای بندرعباس و بوشهر تفاوت معنی‌داری را نشان داد. گر چه میزان سرب در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در شهر بوشهر بیش‌تر از شهر بندرعباس به‌دست آمد، اما این تفاوت معنی‌دار (p =۰/۱۶) نبود (جدول ۴). در بررسی تأثیر فصل بر غلظت فلزات مورد نظر، در هر دو شهر میانگین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری نسبت به فصل زمستان بالاتر بود (شکل‌های ۲و ۳). میانگین غلظت سرب در بافت عضله گونه خرچنگ شناگر آبی بندرعباس در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بالاتر به‌دست آمد (p=۰/۰۱)، اما در بوشهر این تفاوت معنی‌دار (p=۰/۴۷) نبود (شکل ۴).

جدول ۳: میانگین و محدوده غلظت فلزات مورد مطالعه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصل زمستان

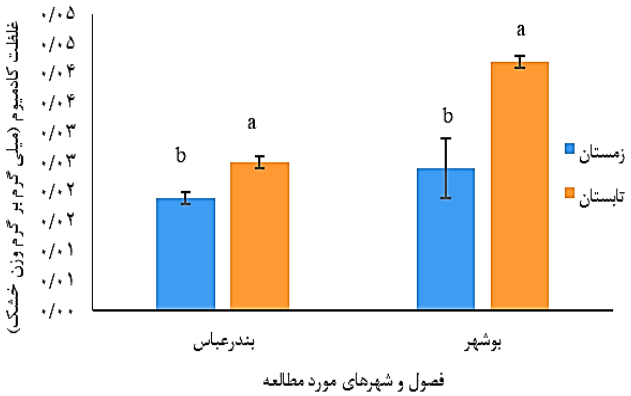
فلز مورد مطالعه	شهر	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	حداکثر	حداقل	مقدار p*
کادمیوم	بندرعباس	۳۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۳۰	۰/۰۰۱
	بوشهر	۳۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۴۱	۰/۰۱۲	
سرب	بندرعباس	۳۳	۰/۱۶۰	۰/۰۸۰	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۰۰۲
	بوشهر	۳۴	۰/۲۳۸	۰/۱۱۸	۰/۴۱	۰/۰۱	
نیکل	بندرعباس	۳۳	۰/۰۶۵	۰/۰۳۸	۰/۱۷	۰/۰۱	<۰/۰۰۱
	بوشهر	۳۴	۰/۱۲۵	۰/۰۴۱	۰/۲۱	۰/۰۴	

* p : سطح معنی‌داری

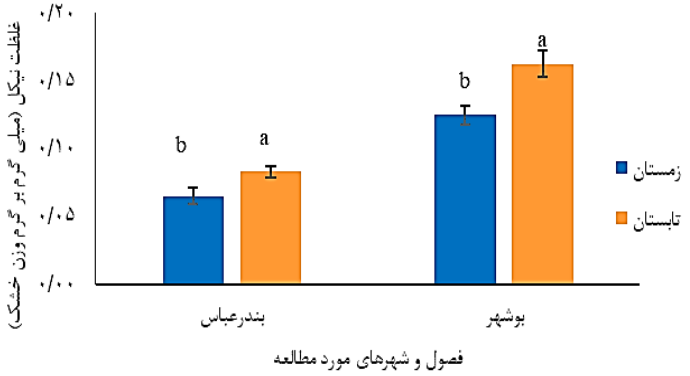
جدول ۴: میانگین و محدوده غلظت فلزات مورد مطالعه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصل تابستان

فلز مورد مطالعه	شهر	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	حداکثر	حداقل	مقدار p*
کادمیوم	بندرعباس	۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸	۰/۴۲	۰/۰۱۰	<۰/۰۰۱
	بوشهر	۳۰	۰/۰۴۲	۰/۰۱۰	۰/۰۸۰	۰/۰۱۸	
سرب	بندرعباس	۳۳	۰/۲۱۸	۰/۱۱۱	۰/۴۵	۰/۰۴	۰/۱۶
	بوشهر	۳۰	۰/۲۵۹	۰/۱۱۸	۰/۵۲	۰/۰۴	
نیکل	بندرعباس	۳۳	۰/۰۸۳	۰/۰۲۷	۰/۱۴	۰/۰۳	<۰/۰۰۱
	بوشهر	۳۰	۰/۱۶	۰/۰۱۰	۰/۳۰	۰/۲۵	

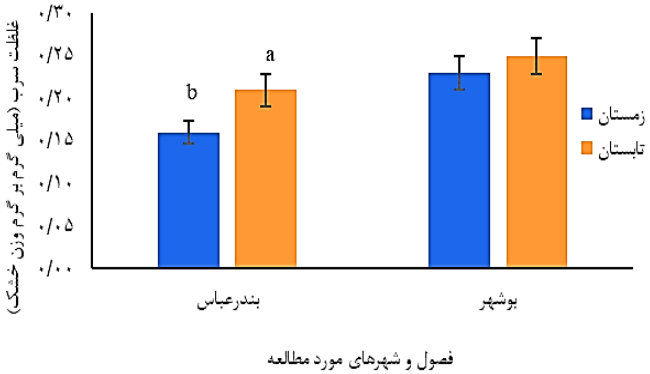
* p : سطح معنی‌داری



شکل ۲: مقایسه میانگین غلظت کادمیوم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) با توجه به فصل در شهرهای مورد مطالعه



شکل ۳: مقایسه میانگین غلظت نیکل (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) با توجه به فصل در شهرهای مورد مطالعه



شکل ۴: مقایسه میانگین غلظت سرب (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) با توجه به فصل در شهرهای مورد مطالعه

بحث

خلیج‌فارس، به‌عنوان دریای کم‌عمق و نیمه‌بسته، ماهیت بیوفیزیکی و دینامیکی آن به گونه‌ای است که مدت زمان تعویض کامل آب آن بین ۵-۳ سال طول می‌کشد که این امر حضور مواد آلاینده را برای مدت زمان بیش‌تری در نواحی عمیق خلیج فارس توجیه می‌نماید (ROPME، ۱۹۹۹). از طرفی عملیات اکتشاف، استخراج و انتقال مواد نفتی در خلیج فارس، علاوه بر آلودگی مستقیم، به‌دلیل دارا بودن مقادیر زیادی فلزات سنگین، موجب آلودگی شیمیایی محدوده دریایی این خلیج و خطر برای حیات آبزیان آن شده است (Karadede-Akin و Unly، ۲۰۰۷؛ Filazi و همکاران، ۲۰۰۳). مقایسه میانگین غلظت فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصول زمستان و تابستان در شهرهای بندرعباس و بوشهر با استانداردهای WHO، FAO و US FDA نشان می‌دهد که میانگین این فلزات پایین‌تر از حدود مجاز اعلام شده توسط سازمان‌های جهانی است (جدول ۵). در مطالعه Clemente و همکاران (۲۰۱۸) روی خرچنگ شناگر آبی در خلیج مانیل در کشور فیلیپین، میزان فلزات سرب، کروم، کادمیوم و جیوه پایین‌تر از استانداردهای بین‌المللی گزارش شده است که مشابه نتیجه به‌دست آمده در این تحقیق است.

جدول ۵: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (Cd، Pb و Ni) در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصول مورد مطالعه با استانداردهای جهانی مختلف (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)

استانداردها و بافت عضله خرچنگ			Cd	Pb	Ni	منبع
WHO[1]			۰/۲	۰/۵	۰/۲	Shulkin و Persley، ۲۰۰۳
FAO[2]			۰/۵۷	۱	۰/۵	Shulkin و Persley، ۲۰۰۳
US FDA[3]			۱	۱/۷	۰/۸	Han و همکاران، ۱۹۹۸
خرچنگ شناگر آبی	بندرعباس	زمستان	۰/۰۱۹	۰/۱۶	۰/۰۶	مطالعه حاضر
		تابستان	۰/۰۲۵	۰/۲۱	۰/۰۸	
	بوشهر	زمستان	۰/۰۲۴	۰/۲۳	۰/۱۲	
		تابستان	۰/۰۴۲	۰/۲۵	۰/۱۶	

[1] WHO: World Health Organization
[2] FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
[3] US FDA: USA Food and Drug Administration

توالی غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصول زمستان و تابستان در شهرهای بندرعباس و بوشهر به‌صورت Pb>Ni>Cd به‌دست آمد. این روند نشان می‌دهد که فلز سرب دارای تجمع بیش‌تری است. بالاتر بودن غلظت سرب نسبت به سایر فلزات می‌تواند ناشی از بالاتر بودن غلظت آن در محیط و خصوصاً در رسوبات باشد و از سوی دیگر نشان‌دهنده دسترسی زیستی بالاتر آن نسبت به دو فلز دیگر باشد. دلیل بالا بودن غلظت فلز سرب نسبت به فلزات دیگر احتمالاً به‌دلیل تراکم بالای صنایع و مقدار بالاتر سرب در پساب‌های شهری و صنعتی تخلیه شده به محیط آبی است. ضمناً از دیگر دلایل بالا بودن غلظت فلز سرب می‌توان به وجود کارخانه کشتی سازی و استفاده از رنگ‌های صنعتی برای بدنه کشتی‌ها و تخلیه پساب این صنعت به آب‌های ساحلی اشاره کرد. استفاده از سرب در صنعت پالایش نفت نیز می‌تواند از دیگر دلایل افزایش این عنصر در منطقه باشد. هم‌چنین با توجه به وجود سرب در بنزین و انتشار آن در هوا پس از احتراق و این‌که سرب به سرعت روی خاک رسوب می‌کند، ورود رسوبات حاوی سرب توسط رودخانه‌ها به خلیج فارس نیز می‌تواند از دیگر دلایل افزایش باشد (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۹). امداد دادور و همکاران (۱۳۹۲) توالی غلظت فلزات سنگین را در بافت عضله خرچنگ روح (*Ocypode saratan*) در سواحل چابهار به‌صورت Hg> Pb> Cr> Ni> Cd> Co

به‌دست آوردند که با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مشابه است. میانگین غلظت هر سه فلز در بافت عضله گونه مورد مطالعه در فصل زمستان در بوشهر به‌طور معنی‌داری بالاتر از بندرعباس بود. هم‌چنین در فصل تابستان نیز گرچه میانگین هر سه فلز در بافت عضله گونه مورد نظر در بوشهر بالاتر از بندرعباس بود، اما تنها میانگین غلظت فلزات کادمیوم ($p<۰/۰۰۱$) و نیکل ($p<۰/۰۰۱$) معنی‌دار بود. علت بالاتر بودن آلودگی به این فلزات در منطقه بوشهر نسبت به بندرعباس احتمالاً حضور منابع آلودگی بیش‌تر در این منطقه است. رودخانه‌های بزرگی مانند کارون، کرخه، زهره، اروند، حله، مند و غیره به بخش شمالی خلیج فارس وارد شده و بار آلودگی زیادی به آن تحمیل می‌نمایند (ROPME، ۱۹۹۹). ورود فلزات سنگین در مناطق مختلف می‌تواند به‌دلیل کاربرد مدیریتی متفاوت، شرایط محیط، تخلیه فاضلاب‌ها، وجود کارخانه‌های صنعتی و فعالیت‌های آبزی‌پروری متفاوت باشد (Fabris و همکاران، ۲۰۰۶).

در بررسی تأثیر فصل بر غلظت فلزات در بافت عضله خرچنگ، در هر دو شهر میانگین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری نسبت به فصل زمستان بالاتر بود. در هر دو شهر میانگین غلظت سرب در بافت عضله گونه خرچنگ شناگر آبی در فصل تابستان بالاتر از زمستان بود، اما این تفاوت تنها در مورد خرچنگ شناگر آبی در بندرعباس معنی‌دار بود ($p=۰/۰۱$). شاید بتوان علت کم‌تر بودن غلظت فلزات در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus plagicus*) در فصل زمستان نسبت به تابستان را به‌دلیل تغذیه کم‌تر، خواب زمستانی و کم‌تر در دسترس بودن مواد غذایی در فصل زمستان نسبت به فصل تابستان این گونه دانست. خرچنگ شناگر آبی (*Portunus plagicus*) همانند سایر ماهیان و موجودات خونسرد تابع محیط بوده و به‌دلیل افت دمایی در زمستان، این موجودات نیز دچار رخوت و سستی شده و کم‌تر جهت تغذیه از لانه‌های خود خارج گشته و ترجیح می‌دهند بیش‌تر زمان‌ها در لانه‌های خود باقی بمانند (Koosej و همکاران، ۲۰۱۷). از طرفی بیش‌تر خرچنگ‌ها دارای نیمه‌خواب زمستانی هستند و با شروع فصل گرما و گرم شدن آب‌ها، شروع به تحرک، خوردن و پوست‌اندازی می‌کنند. از مطالعاتی که در مورد تأثیر فصل بر روی برخی از گونه‌های آبزیان انجام گرفته می‌توان به مطالعات Mendil و همکاران (۲۰۱۰)، Dural و همکاران (۲۰۰۷) و Wong و همکاران (۲۰۰۰) اشاره نمود که بیان داشتند در بدن موجودات آبزی غلظت فلزات سنگین در فصل تابستان نسبت به فصول دیگر بالاتر است. Szefer و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند که فصل‌ها می‌توانند بر غلظت فلزات در بدن موجود آبزی تأثیر گذارند. این تفاوت‌ها می‌توانند در نتیجه چرخه بیولوژیکی داخلی موجود زنده یا تفاوت در دسترسی زیستی فلزات در محیط باشد. دما، دسترسی غذایی و آب می‌تواند سبب افزایش غلظت فلزات در تابستان نسبت به زمستان باشد. Hosseini و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که غلظت جیوه در بافت‌های مختلف خرچنگ شناگر آبی در فصل تابستان در مقایسه با زمستان بالاتر است. از آن‌جاکه خرچنگ شناگر آبی از موجودات مهم در حفظ تعادل زنجیره غذایی اکوسیستم‌های دریایی و از گونه‌های مهم تجاری در جهان است، آگاهی از میزان آلاینده‌ها در آن یک امر ضروری به‌شمار می‌رود. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که مکان نمونه‌برداری و فصل در تجمع‌زیستی فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی تأثیرگذار است. به‌طوری‌که غلظت فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی شهر بوشهر بالاتر از شهر بندرعباس بود. هم‌چنین تجمع فلزات در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان بالاتر بود. بنابراین مطالعات مکرر جهت پایش فلزات سنگین در این مناطق در حفظ سلامت افراد بومی منطقه که از این گونه به‌عنوان یکی از غذاهای اصلی در رژیم غذایی خود استفاده می‌کنند، می‌تواند بسیار مؤثر باشد. در این تحقیق، میزان غلظت فلزات کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در شهرهای بندرعباس و بوشهر پایین‌تر از حدود استانداردهای جهانی است که نشان می‌دهد این مناطق از نظر آلودگی برای خود گونه و هم‌چنین برای سلامت افراد مصرف‌کننده آن مشکل‌ساز نیست، اما از آن‌جایی که این گونه کف‌زی است، وجود مقادیر کم فلزات سنگین نیز در آن می‌تواند دلیل بر حضور مواد آلاینده در محیط باشد که ممکن است هنگام انتقال آن‌ها در زنجیره غذایی پدیده بزرگ‌نمایی زیستی اتفاق بیافتد که نگران‌کننده خواهد بود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از زحمات کلیه کسانی که در مراحل مختلف این تحقیق یاری رساندند، تشکر می‌نمایند. هزینه‌های این تحقیق از محل پژوهانه با کد UOZ-GR-۹۶۱۸-۱۴۶ از طرف معاونت پژوهشی دانشگاه زابل درنظر گرفته شده است.

منابع

۱. **دادور، ا.؛ شاپوری، م. و سینایی، م.، ۱۳۹۲.** بررسی آلودگی فلزات سنگین در بافت‌های ماهیچه و آبشش خرچنگ روح (*Ocypode saratan*) در سواحل جزر و مدی چابهار. مجله علمی پژوهشی زیست‌شناسی دریا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ۵، شماره ۱۹، صفحات ۴۵ تا ۵۶.

۲. **حسینی، م. و عبدی‌بسطامی، ا.، ۱۳۹۱.** غلظت فلزات سنگین (Ni،Cd ،Cu،Pb) در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) و رسوبات زیستگاه آن در آب‌های ساحلی بوشهر. هفدهمین کنفرانس سراسری و پنجمین کنفرانس بین‌المللی زیست‌شناسی ایران. دانشگاه شهید باهنر کرمان. صفحات ۱۴ تا ۱۹.

۳. **دریالعل، خ.؛ دادالهی، س.؛ ذوالقرنین، ح. و صفاهیه، ع.ر.، ۱۳۹۰.** بررسی تجمع فلزات سنگین سرب و کروم در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در سواحل استان هرمزگان (شهرستان بندرعباس). پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران. صفحات ۱ تا ۷.

۴. **رضوی، س.م.ر.؛ وهاب‌زاده‌رودسری، ح.؛ زمینی، ع.؛ عسکری ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۱.** اندازه‌گیری و مقایسه میزان فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در عضله و پوسته میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) خلیج فارس (بحرکان)، استان خوزستان. مجله آبزیان و شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس. سال ۳، شماره ۹، صفحات ۴۳ تا ۵۲.

۵. **رفیعی، ا.؛ محمدی، غ.م.؛ عسکری‌ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۰.** بررسی و مقایسه تجمع جیوه، کادمیوم و سرب در عضله میگوی سفید (*Metapenaeus affinis*) در صیدگاه‌های بحرکان، لیفه- بوسیف و خور موسی. فصلنامه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ۱۰، شماره ۳، صفحات ۴۹ تا ۵۵.

۶. **عبیدی، ر.؛ پذیرا، ع.؛ قنبری، ف. و مغدانی، س.، ۱۳۹۵.** تعیین میزان غلظت فلزات سنگین نیکل و کادمیوم در بافت‌های عضله و کبد ماهی سنگسر معمولی (*Pomadasys kaakan*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۶ ، شماره ۱، صفحات ۵۵ تا ۶۶.

۷. **عسکری‌ساری، ا.؛ ولایت‌زاده، م. و محمدی، م.، ۱۳۸۹.** میزان عنصر جیوه در دو گونه ماهی کفشک زبان گاوی و گل خورک در دو منطقه صیادی بندر امام خمینی و بندرعباس. مجله علمی شیلات آزادشهر. سال ۴، شماره ۲، صفحات ۵۱ تا ۵۶.

۸. **نجفی‌اسفاد، م. و دارابی‌نیا، م.، ۱۳۹۰.** بررسی روند آلودگی نفتی با وجود کنوانسیون‌های بین‌المللی مبنی بر جلوگیری و رفع آن‌ها. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. جلد ۲۱، شماره ۱، صفحات ۹۴ تا ۱۰۱.

۹. **Ayas, D., 2013.** Effects of gender and season on potentially toxic metal levels in muscles of adult Blue Swimmer Crabs (*Portunus pelagicus*) from the northeastern Mediterranean Sea. Journal of Biology and Oceanography. Vol. 2, pp: 2.

۱۰. **Clemente, K.J.E.; Tosoc, N.R.N.; Soriano, C.J.M.; Manalo, J.R.; Padirogao, R.T. and Pacis, H.J.M., 2018.** Assessment of heavy metal concentration in the blue swimming crab Portunus pelagicus from Manila Bay. Philippines AES Bioflux. Vol, 10, No. 2, pp: 63-67.

۱۱. **David, I.G.; Matache, M.L.; Tudorache, A.; Chisamera, G.; Rozylowicz, L. and Radu, G.L., 2012.** Food chain biomagnification of heavy metals in samples from the lower Prut floodplain natural park. Environmental Engineering and Management Journal. Vol. 11, No. 1, pp: 69-73.

۱۲. **Dural, M.; Goksu, M.Z.L. and Ozak, A.A., 2007.** Investigation of heavy metal levels in economically important fish species from the Tuzla lagoon. Food Chemistry. Vol. 102, pp: 415- 421.

۱۳. **Eboh, L.; Mepba, H.D. and Ekpo, M.B., 2006.** Heavy metal contaminants and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government. Nigeria. Journal of Food Chemistry. Vol. 97, No. 3, pp: 490-497.

۱۴. **Fabris, G.; Turoczy, N.J. and Stagnitti, F., 2006.** Tract metals concentration in edible tissue of snapper, flathead and ablone from coastal waters of Victoria. Australia Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 63, pp: 286-292.

۱۵. **Fernandes, C.; Fontaı´nhas-Fernandes, A.; Peixoto, F. and Salgado, M.A., 2007.** Bioaccumulation of heavy metals in Liza saliens from the Esmoriz–Paramos coastal lagoon, Portugal. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 66, pp 426-431.

۱۶. **Filazi, A.; Baskaya, R. and Kum C., 2003.** Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. Journal of Human and Experimental Toxicology. Vol. 22, pp: 85-87.

۱۷. **Han, B.C.; Jeng, W.L.; Chen, R.Y.; Fang, G.T.; Hung, T.C. and Tseng, R.J., 1998.** Estimation of target hazard quotients and potential health risks for metals by consumption of seafood in Taiwan. Archives Of environmental contamination and toxicology. Vol 35, pp: 711-720.

۱۸. **Kamrani, E.; Sabili, A.N. and Yahyavi, M., 2010.** Stock Assessment and Reproductive Biology of the Blue Swimming Crab, Portunuspelagicus in Bandar Abbas Coastal Waters, Northern Persian Gulf. Journal of the Persian Gulf, (Marine Science). Vol. 1, No. 2, pp: 11-22.

۱۹. **Karadede-Akin, H. and Unlu, E., 2007.** Heavy metals concentrations in water, sediments, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 131, pp: 323-337.

۲۰. **Koosej, N.; Jafariyan, H.; Rahmani, A.; Patimar, A. and Gholipoor, H., 2017.** Measure and Compare Some Heavy Metals in Muscle Tissue of Blue Swimming Crab Portunus pelagicus in Some Areas of the Southern Persian Gulf. Agriculture Research and Technology. Vol. 7, No. 2, pp: 1-6.

۲۱. **McMurtrie, S., 2010.** Healthy estuary and rivers of the city: water quality and ecosystem health monitoring programme of Ihutai: heavy metals in fih and shellfih from Christchurch Rivers and Estuary: 2010 survey. Report No: R10/148.

۲۲. **Mendli, D.; Unal. O.F.; Tuzen, M. and Soylak, M., 2010.** Determination of trace metals in different species and sediments from the river Yesilirmak in Tokat, Turkey. Food and Chemical Toxicology. Vol. 48, No. 5, pp: 1383-1392.

۲۳. **Hosseini, M.; Abdi Bastami, A. and Kazemzadeh Khoei, J., 2012.** Concentrations of heavy metals in selected tissues of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) and sediments from Persian Gulf. World Applied Sciences Journal. Vol. 19, No. 10, pp: 1398-1405.

۲۴. **Okati, N. and Esmaili-Sari, A., 2018.** Hair mercury and risk assessment for consumption of contaminated seafood in residents from the coast of the Persian Gulf, Iran. Environmental Science and Pollution Research. Vol. 25, No. 1, pp: 639-657.

۲۵. **Pourang, N. and Amini, G., 2001.** Distribution of trace elements in tissues of two shrimp species from Persian Gulf and effects of storage temperature on elements transportation. Water, Air and Soil Pollution. Vol. 129, pp: 229-243.

۲۶. **Raissy, M.; Ansari, M. and Rahimi, E., 2011.** Mercury, arsenic, cadmium and lead in lobster (*Panulirus homarus*) from the Persian Gulf. Toxicology and Industrial Health. Vol. 27, No. 7, pp: 655-659.

۲۷. **ROPME. 1999.** Regional report of the state of the Marin Environment. State of Kuwait. 220 p.

۲۸. **Saei-Dehkordi, S.S.; Fallah, A.A. and Nematollahi, A., 2010.** Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: Influence of season and habitat. Food and Chemical Toxicology. Vol. 48, pp: 2945-2950.

۲۹. **Shulkin, V. M. and Presley, B.J., 2003.** Metal concentration in mussel Crenomytillus grayanus and oyster Crassostrea gigas in relation to contamination of ambient sediment. Environmental International. Vol. 29, pp: 493- 502.

۳۰. **Szefer, P.B.S.; Kima, C.K.; Kima, E.H. and Leeb, C.B., 2004.** Distribution and co associations of trace elements in soft tissues and surrounding seawater and suspended matter of the southern part of the Korean Peninsulla. Environmental Pollution. Vol. 129, pp: 209-228.

۳۱. **Turkmen, M.; Turkmen, A.; Tepe, Y.; Ates, A. and Gokkus, K., 2008.** Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species. Food Chemistry. Vol. 108, pp: 794-800.

۳۲. **Ventura-Lima, J.; Fattorini, D.; Notti, A.; Monserrat, J.M. and Regoli, F., 2009.** Bioaccumulation patterns and biological effects of Arsenic in aquatic organisms. In: Environmental Health Risks eds Gosselin, J. D. and Fancher, I. M.; Nova Science Publishers, Inc. pp: 1-18.

۳۳. **Wong, C.K.C.; Cheung, R.Y.H. and Wong, M.H., 2000.** Heavy metals concentration in green-lipped mussels collected from Tolo Harbour and markets in Hong Kong and Shenzhen. Environmental Pollution. Vol. 109, No. 1, pp: 165-171.