

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. به طور کلی تعداد ۱۳۰ نمونه خرچنگ شناگر آبی به صورت کاملاً تصادفی نمونه برداری 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 به صورت $Pb > Ni > Cd$ به دست آمد. در فصل زمستان، هر سه فلز و در فصل تابستان کادمیوم و نیکل در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی تفاوت معنی داری را در بین شهرهای مورد مطالعه نشان داد. گرچه میزان سرب در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در شهر بوشهر بیش تر از شهر بندرعباس به دست آمد، اما این تفاوت معنی دار نبود. در هر دو شهر، میانگین غلظت فلزات کادمیوم و نیکل در خرچنگ شناگر آبی در فصل تابستان به طور معنی داری نسبت به فصل زمستان بالاتر بود. همچنین میانگین غلظت سرب در بافت عضله گونه خرچنگ شناگر آبی بندرعباس در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان به طور معنی داری بالاتر به دست آمد ($p=0/01$)، اما در بوشهر این تفاوت معنی دار نبود. میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در فصول تابستان و زمستان در مقایسه با استانداردهای WHO، FAO و US FDA پایین تر بودند.

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



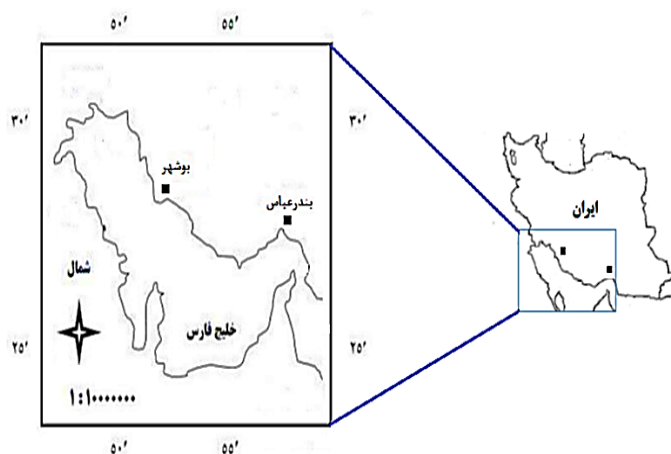
مقدمه

در دهه‌های اخیر، آلودگی آب‌های دریایی با طیف گسترده‌ای از آلاینده‌های زیست‌محیطی به یکی از اساسی‌ترین مشکلات جهان تبدیل شده است (Kamaruzzaman و همکاران، ۲۰۱۱). خلیج فارس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی دنیا از لحاظ تنوع زیستی، 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 آن را 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 از جمله 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 پایدار محسوب می‌شوند که قابلیت تجزیه شدن در طبیعت را ندارند و به این دلیل تمایل به تجمع زیستی در رسوبات و جانداران آبی 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 ایجاد اختلالات در سیستم‌های عصبی محیطی و مرکزی است. کادمیوم عامل ایجاد بیماری ایتای ایتایی، 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 پایه‌ساز مورد مطالعه قرار گیرد، زیرا این گونه‌ها شاخصی از گستره زمانی و مکانی فرآیندها و همچنین ارزشیابی اثرات نهفته بر سلامت موجودات زنده دیگر در محیط آبی هستند (Fernandes و همکاران، ۲۰۰۷). موجودات کف‌زی به دلیل 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 در خورها، آب‌های ساحلی و منطقه بین جزر و مدی تا عمق ۵۰ متر و زیستگاه‌های شنی و گلی به‌صورت مخفی شده 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 نانو تکنولوژی به دلیل 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 انجام شده است. اغلب مطالعات در ایران در مورد میگوهای خلیج فارس (رضوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ رفیعی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Pourand و Amini، ۲۰۱۳) و لایستر (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) به بررسی تأثیرات جنسیت و فصل‌ها بر میزان جذب فلزات سمی دریافت‌عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در شمال شرق 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



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه در سواحل خلیج فارس

تور ترال و گوشگیر انجام و در کل تعداد ۱۳۰ نمونه خرچنگ شناگر آبی به صورت کاملاً تصادفی نمونه برداری شد که تعداد ۳۳ و ۳۴ نمونه در فصل زمستان، ۳۳ و ۳۰ نمونه در فصل تابستان به ترتیب از شهرهای بندرعباس و بوشهر جمع آوری شد. هر نمونه ابتدا در داخل نایلون پلاستیکی تمیز به صورت جداگانه و سپس در یونولیت که حاوی پودر یخ بود، قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند و درون فریزر در دمای 20°C تا زمان انجام آزمایش قرار داده شدند (Esmaili-Sari و Okati، ۲۰۱۸). در آزمایشگاه جهت حذف 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.

جدول ۱: نتایج زیست‌سنجی خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصل زمستان

شهر	جنسیت	تعداد	میانگین طول (سانتی‌متر) \pm انحراف استاندارد	میانگین عرض (سانتی‌متر) \pm انحراف استاندارد	میانگین وزن (گرم) \pm انحراف استاندارد
بندرعباس	نر	۱۸	$41.0 \pm 8.9/62$	$10.0 \pm 5.4/43$	$84.2 \pm 6.6/23$
	ماده	۱۵	$41.0 \pm 7.8/61$	$9.0 \pm 5.6/82$	$82.11 \pm 8.4/21$
بوشهر	نر	۱۶	$51.0 \pm 9.7/55$	$11.1 \pm 1.5/18$	$105.9 \pm 3.5/11$
	ماده	۱۸	$51.0 \pm 6.1/66$	$10.0 \pm 8.8/90$	$98.8 \pm 0.2/12$

جدول ۲: نتایج زیست‌سنجی خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصل تابستان

شهر	جنسیت	تعداد	میانگین طول (سانتی‌متر) \pm انحراف استاندارد	میانگین عرض (سانتی‌متر) \pm انحراف استاندارد	میانگین وزن (گرم) \pm انحراف استاندارد
بندرعباس	نر	۱۸	$51.0 \pm 3.0/78$	$11.0 \pm 1.2/68$	$98.11 \pm 1.0/42$
	ماده	۱۶	$51.0 \pm 2.0/51$	$9.0 \pm 8.5/79$	$89.12 \pm 6.2/64$
بوشهر	نر	۱۷	$61.0 \pm 3.5/58$	$11.1 \pm 9.7/0.4$	$109.4 \pm 5.6/36$
	ماده	۱۲	$51.0 \pm 6.7/60$	$11.0 \pm 8.2/85$	$102.7 \pm 4.9/39$

(Merck) آلمان با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه گردید. جهت بررسی قابلیت تکرارپذیری غلظت‌های به دست آمده از نمونه‌ها، ۱۰٪ از نمونه‌ها سه بار آنالیز شدند و ضریب تغییرات بین ۰/۰۵ تا ۲/۵ درصد به دست آمد که قابل قبول است. حد تشخیص دستگاه برای فلزات کادمیوم، سرب و نیکل به ترتیب 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 ۰/۰۵، اختلاف میانگین‌ها مشخص و مقدار $P < 0.05$ به عنوان تفاوت معنی‌دار در نظر گرفته شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده گردید.

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 4°C به مدت ۱۰ ساعت قرار داده شدند. دوباره نمونه‌های خشک شده توزین گردید و درصد رطوبت آن‌ها محاسبه شد. سپس نمونه‌های خشک شده توسط هاون چینی آزمایشگاهی پودر شدند. جهت هضم شیمیایی نمونه‌ها از روش هضم مرطوب استفاده شد (Eboh و همکاران، ۲۰۰۶). اندازه‌گیری فلزات کادمیوم، سرب و نیکل با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (AAS) مدل ۹۱۹ Unicam انجام گردید. جهت بهینه کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون برای هر فلز با استفاده از محلول‌های استاندارد آماده شده، ترسیم گردید. لازم به ذکر است تمامی محلول‌های استاندارد مصرفی بسته به نوع فلز مورد آنالیز، از استاندارد مرک

نتایج

تابستان در شهرهای بندرعباس و بوشهر به صورت $Pb > Ni > Cd$ به دست آمد. میزان فلزات کادمیوم و نیکل در فصل تابستان بین شهرهای بندرعباس و بوشهر تفاوت معنی داری را نشان داد. گر چه میزان سرب در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی در شهر بوشهر بیش تر از شهر بندرعباس به دست آمد، اما این تفاوت معنی دار ($p = 0/16$) 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 به طور معنی داری نسبت به فصل زمستان بالاتر بود (شکل های ۲ و ۳). میانگین غلظت سرب در بافت عضله گونه خرچنگ شناگر آبی بندرعباس در فصل تابستان به طور معنی داری بالاتر به دست آمد ($p = 0/01$)، اما در بوشهر این تفاوت معنی دار ($p = 0/47$) نبود (شکل ۴).

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 به طور معنی داری 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

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

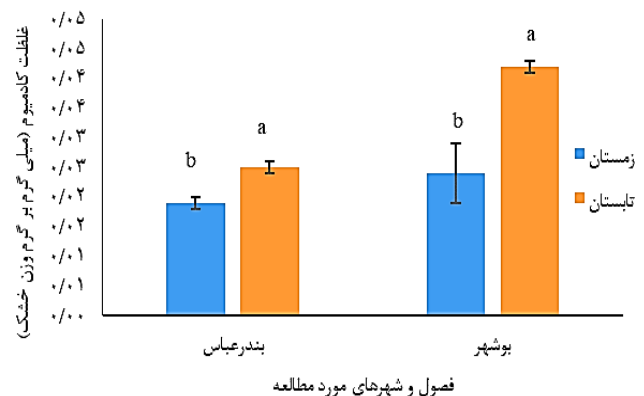
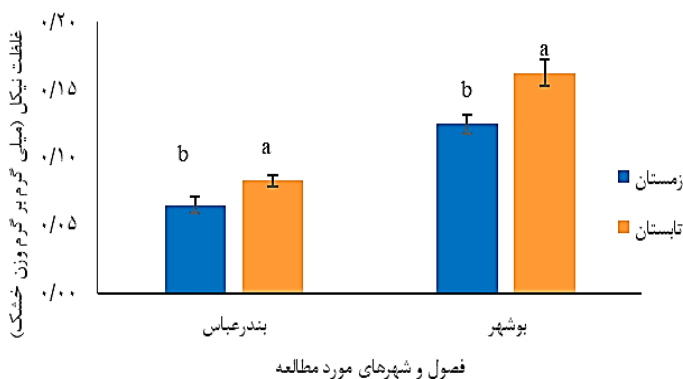
فلز مورد مطالعه	شهر	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	حداکثر	حداقل	مقدار p^*
کادمیوم	بندرعباس	۳۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۳۰	۰/۰۰۱
	بوشهر	۳۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۴۱	۰/۰۱۲	
سرب	بندرعباس	۳۳	۰/۱۶۰	۰/۰۸۰	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۰۰۲
	بوشهر	۳۴	۰/۲۳۸	۰/۱۱۸	۰/۴۱	۰/۰۱	
نیکل	بندرعباس	۳۳	۰/۰۶۵	۰/۰۳۸	۰/۱۷	۰/۰۱	<۰/۰۰۱
	بوشهر	۳۴	۰/۱۲۵	۰/۰۴۱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

* p : سطح معنی داری

جدول ۴: میانگین و محدوده غلظت فلزات مورد مطالعه (میلی گرم 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 معنی داری

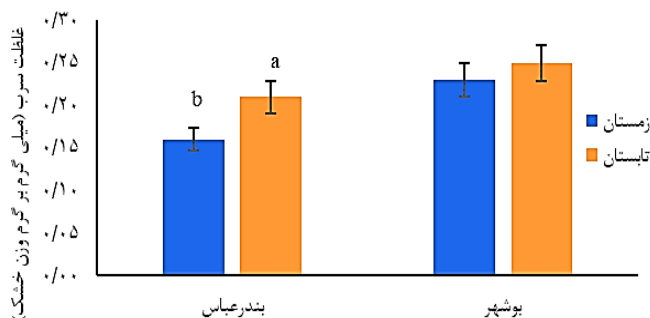


شکل ۳: مقایسه میانگین غلظت نیکل (میلی گرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) با توجه به فصل در شهرهای مورد مطالعه

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



بین ۳-۵ سال طول می کشد که این امر حضور مواد آلاینده را برای مدت زمان بیش تری در نواحی عمیق خلیج فارس توجیه می نماید (ROPME، ۱۹۹۹). از طرفی عملیات اکتشاف، استخراج و انتقال مواد نفتی در خلیج فارس، علاوه بر آلودگی مستقیم، به دلیل دارا بودن مقادیر زیادی فلزات سنگین، موجب آلودگی شیمیایی محدوده دریایی این خلیج و خطر برای حیات آبریان 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 می دهد که میانگین این فلزات پایین تر از حدود مجاز اعلام شده توسط سازمان های 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 پایین تر از استانداردهای بین المللی گزارش شده است که مشابه نتیجه به دست آمده در این تحقیق است.



فصول و شهرهای مورد مطالعه

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

بحث

خلیج فارس، به عنوان دریای کم عمق و نیمه بسته، ماهیت بیوفیزیکی و دینامیکی آن به گونه ای است که مدت زمان تعویض کامل آب آن

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 میلی گرم بر گرم وزن خشک)

منبع	Ni	Pb	Cd	استانداردها و بافت عضله خرچنگ
Persley و Shulkin، ۲۰۰۳	۰/۲	۰/۵	۰/۲	WHO ^۱
Persley و Shulkin، ۲۰۰۳	۰/۵	۱	۰/۵۷	FAO ^۲
Han و همکاران، ۱۹۹۸	۰/۸	۱/۷	۱	US FDA ^۳
مطالعه حاضر	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۱۹	زمستان بندرعباس
	۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۰۲۵	تابستان
	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۰۲۴	زمستان بوشهر
	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۰۴۲	تابستان

^۱WHO: World Health Organization

^۲FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

^۳US FDA: USA Food and Drug Administration

سرب می توان به وجود کارخانه کشتی سازی و استفاده از رنگ های صنعتی برای بدنه کشتی ها و تخلیه پساب این صنعت به آب های ساحلی اشاره کرد. استفاده از سرب در صنعت پالایش نفت نیز می تواند از دیگر دلایل افزایش این عنصر در منطقه باشد. هم چنین با توجه به وجود سرب در بنزین و انتشار آن در هوا پس از احتراق و این که سرب به سرعت روی خاک رسوب می کند، ورود رسوبات حاوی سرب توسط رودخانه ها به خلیج فارس نیز می تواند از دیگر دلایل افزایش باشد (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹). امداد دادور و همکاران (۱۳۹۲) توالی غلظت فلزات سنگین را در بافت عضله خرچنگ روح (*Ocypode saratan*) در سواحل چابهار به صورت $Hg > Pb > Cr > Ni > Cd > Co$ گزارش کرده اند.

توالی غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در فصول زمستان و تابستان در شهرهای بندرعباس و بوشهر به صورت $Pb > Ni > Cd$ به دست آمد. این روند نشان می دهد که فلز سرب دارای تجمع بیش تری است. بالاتر بودن غلظت سرب نسبت به سایر فلزات می تواند ناشی از بالاتر بودن غلظت آن در محیط و خصوصاً در رسوبات باشد و از سوی دیگر نشان دهنده دسترسی زیستی بالاتر آن نسبت به دو فلز دیگر باشد. دلیل بالا بودن غلظت فلز سرب نسبت به فلزات دیگر احتمالاً به دلیل تراکم بالای صنایع و مقدار بالاتر سرب در پساب های شهری و صنعتی تخلیه شده به محیط آبی است. ضمناً از دیگر دلایل بالا بودن غلظت فلز

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. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که مکان نمونه‌برداری و فصل در تجمع زیستی 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 ۱۴۶-۹۶۱۸-GR-UOZ از طرف معاونت پژوهشی دانشگاه زابل در نظر 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.

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 ($p < 0/001$) و نیکل ($p < 0/001$) 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 آبی‌پروری 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 ($p = 0/01$). 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 آبی 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 آبی تأثیر گذارند. این تفاوت‌ها می‌توانند در نتیجه چرخه بیولوژیکی داخلی موجود زنده یا تفاوت در دسترسی زیستی فلزات در محیط باشد. دما،

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 abalone from coastal waters of Victoria. Australia *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 63, pp: 286-292.
۱۵. **Fernandes, C.; Fonta'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 Gholipour, 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 fish and shellfish 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.
۲. **حسینی، م. و عبدی بسطامی، 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.؛ وهاب‌زاده‌رودوسی، 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.؛ عسکری ساری، 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 (*Pomadasy kaakan*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۶، شماره ۱، صفحات ۵۵ تا ۶۶.
۷. **عسکری ساری، ا.؛ ولایت‌زاده، م. و محمدی، م.، ۱۳۸۹.** میزان عنصر جیوه در دو گونه ماهی کفشک زبان گاو 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. **نجفی اسفاد، م. و دارابی‌نیا، م.، ۱۳۹۰.** بررسی روند آلودگی نفتی با وجود کنواسیون‌های 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.; Rozyłowicz, 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.

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 *Crenomytilus 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 Peninsula. *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.

