17(2) 127-132, Summer 2025

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Evaluate of heavy metal Bioaccumulation in muscles of the Ghost Crab (*Ocypode rotundata*) from the Intertidal Habitat of Kharkou National Natural Monument Area in Persian Gulf

Roxana Sharifi, Abdolrahim Pazira *, Tayebeh Tabatabaie, Esmaeil Kouhgardi

Department of Environmental Engineering, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

Key Words

Ghost crabs
Ocypode rotundata
heavy metals
National Natural Monument Area
Kharkou

Abstract

Introduction: In this research, the concentration of heavy metals lead (Pb), nickel (Ni) and vanadium (V) in the muscles of ghost crabs (*Ocypode rotundata*) collected from the intertidal habitat of Kharkou National Natural Area in the Persian Gulf was investigated.

Materials & Methods: Generally, 120 ghost crabs (*Ocypode rotundata*) samples were randomly sampled from 6 stations from february 2021 to february 2022. The concentration of heavy metals in the samples after transfer to the laboratory and preparation and wet chemical digestion by nitric acid were measured using an atomic absorption spectrophotometer (AAS).

Results: The average results of lead, vanadium and nickel metal (mg/g dry weight) calculated in males and females respectively showed that; The concentration of lead is 5.3 and 2.8 mg/g dry weight, vanadium is 0.7 and 0.34 mg/g dry weight, and nickel is 0.15 and 0.1 mg/g dry weight. The average metal concentration of lead, vanadium and nickel in all 6 stations was higher in males than in females ($P \leq 0.05$).

Conclusion: The results showed that the amount of concentration of lead and vanadium (mg/g dry weight) in the muscle tissue of male and female ghost crab (*Ocypode rotundata*) in comparison with the standard of the WHO, FAO, US FDA, NHMRC and UKMAFF were higher.

***** Corresponding Author's email: ab.pazira@iau.ac.ir
Received: 6 February 2024; Reviewed: 8 March 2024; Revised: 6 May 2024; Accepted: 8 June 2024
(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.2.15

مقاله پژوهشی

برآورد تجمع زیستی فلزات سنگین در عضلات خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) ساکن در زیستگاه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو در خلیج فارس

رکسانا شریفی، عبدالرحیم پذیرا*، طیبه طباطبایی، اسماعیل کوه‌گردی

گروه مهندسی محیط‌زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

کلمات کلیدی

خرچنگ شبح
Ocypode rotundata
فلزات سنگین
اثر طبیعی ملی
خارکو

چکیده

مقدمه: در این تحقیق غلظت فلزات سنگین سرب (Pb)، نیکل (Ni) و وانادیوم (V) در بافت عضله نمونه‌های خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) جمع‌آوری شده از زیستگاه بین جزر و مدی منطقه اثر طبیعی ملی خارکو در خلیج فارس بررسی شد.

مواد و روش‌ها: به‌طورکلی از اسفندماه ۱۳۹۹ تا اسفندماه ۱۴۰۰، تعداد ۱۲۰ نمونه خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*)، به‌صورت کاملاً تصادفی از ٦ ایستگاه انتخابی در منطقه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو نمونه‌برداری شدند. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و آماده‌سازی و هضم شیمیایی مرطوب توسط اسید نیتریک با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری جذب اتمی (AAS) اندازه‌گیری شدند.

نتایج: نتایج میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، وانادیوم و نیکل محاسبه شده (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) به‌ترتیب در جنس نر و ماده نشان داد که غلظت فلز سرب ۵/۳ و ۲/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک، غلظت فلز وانادیوم ۰/۷ و ۰/۳٤ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و غلظت فلز نیکل ۰/۱۵ و ۰/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک است. میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، وانادیوم و نیکل برآورد شده در هر ٦ ایستگاه در جنس نر بیش‌تر از جنس ماده بود ($P\leq ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری: یافته‌های حاصله نشان داد که میزان غلظت فلزات سنگین سرب و وانادیوم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در بافت ماهیچه نمونه‌های نر و ماده خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در مقایسه با استاندارد سازمان جهانی سلامت (WHO)، سازمان خواروبار جهانی (FAO)، مدیریت غذا و داروی آمریکا (US FDA)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC) و وزارت کشاورزی ـ شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) بالاتر است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ab.pazira@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۷ بهمن ۱۴۰۲؛ تاریخ داوری: ۱۸ اسفند ۱۴۰۲؛ تاریخ اصلاح: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۹ خرداد ۱۴۰۳
(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.2.15

مقدمه

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های اصلی محیط‌زیست در شرایط کنونی، آلودگی دریاها، محیط ساحلی و آبزیان توسط طیف وسیعی از آلاینده‌ها به‌خصوص آلاینده‌های شیمیایی مانند فلزات سنگین است. فلزات سنگین، به‌دلیل پایداری و نیمه‌عمر بیولوژیکی طولانی، زیست تخریب پذیر نبودن و تجمع زیستی در آبزیان از آلاینده‌های بسیار خطرناک در محیط‌زیست و منابع غذایی هستند (۱، ۸، ۱۱). آلودگی دریا و غذاهای دریایی به فلزات سنگین، با توجه به روند گسترش و توسعه فعالیت‌های صنعتی و شهرنشینی، یک مسئله بهداشتی رو به افزایش است (۲۰). براساس توصیه‌های سازمان جهانی سلامت (WHO) به منظور تضمین سلامت و ایمنی عمومی ضروری است که فلزات سنگین در منابع غذایی کنترل شوند (۱۰). از این رو در دهه‌های اخیر، شناسایی و برآورد فلزات سنگین و اثرات آن‌ها در موجودات زنده اهمیت زیادی یافته است (۳). سخت‌پوستان به‌ویژه خرچنگ‌ها با توجه به سبک زیستی بنتیک و زیستن در رسوبات سواحل دریایی، شاخص‌های زیستی بسیار خوبی به منظور تعیین آلودگی دریایی و سواحل دریاها بوده و بر همین اساس در برنامه‌های پایش زیستی آلودگی دریایی به‌طور گسترده‌ای در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۰، ۲۰). در همین راستا از مطالعات داخل کشور با هدف استفاده از گونه‌های خرچنگ به‌عنوان شاخص زیستی فلزات سنگین می‌توان به مطالعات Dadvar و همکاران (۶)، Okati و همکاران (۱۵)، Aghabozorgi و Chamani (۲)، Loghmnai و همکاران (۱۲) و Saadati و همکاران (۱۶) اشاره نمود. خرچنگ‌ها یکی از مهم‌ترین موجودات زنده ساکن در زیستگاه‌های ساحلی و دریایی خلیج فارس هستند و در این میان خرچنگ‌های شبح از بزرگ‌ترین جانوران بی‌مهره سواحل ماسه‌ای در سراسر جهان محسوب می‌گردند (۱۴). خرچنگ‌های شبح با توجه به پراکنش گسترده و سهولت در نمونه‌برداری یکی از شاخص‌های مناسب برای پایش زیستی در سواحل شنی هستند، اما با وجود این پتانسیل از این گونه در سراسر جهان کم‌تر به‌عنوان شاخص زیستی استفاده شده است (۵، ۱۷، ۱۹). اثر طبیعی ملی جزیره خارکو به‌دلیل مجاورت با جزیره خارک که یکی از مهم‌ترین مناطق نفتی ایران به لحاظ استخراج، پالایش و صادرات نفت است، همواره با ورود گسترده انواع آلاینده‌های نفتی از منابع خشکی و دریایی روبه رو است. از سویی دیگر این جزیره از لحاظ محیط‌زیست به ویژه پوشش مرجانی منحصربه‌فرد در این ناحیه و زیستگاه تخم‌گذاری لاک‌پشت‌های دریایی بسیار حائز اهمیت است و آلودگی‌های دریایی در این منطقه عاملی برای از بین رفتن زیستمندان در این جزیره هستند. با وجود این اهمیت، تحقیقات درخصوص شدت و توزیع مکانی آلودگی نفتی در این جزیره بسیار محدود است. هدف از تحقیق حاضر بررسی و برآورد تجمع زیستی فلزات سنگین سرب، نیکل و وانادیوم در بافت عضله خرچنگ شبح به‌عنوان شاخص زیستی در زیستگاه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی جزیره خارکو و مقایسه نتایج حاصل با استانداردهای جهانی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، بر اساس نوع ساحل و نوع گونه، سواحل ماسه‌ای منطقه بین جزر و مدی اثرطبیعی ملی خارکو انتخاب گردید. اثر طبیعی ملی خارکو با مساحت حدود ۸ کیلومتر و پهنای تقریبی ۴۰۰ متر در فاصله ۵ کیلومتری از شمال‌شرق جزیره خارک و در فاصله ۵۴ کیلومتری شمال غربی شهر بوشهر در آب‌های خلیج فارس قرار دارد. براساس ماسه‌ای بودن و امکان دسترسی به ساحل جهت سهولت در نمونه‌برداری از خرچنگ شبح، پس از پیمایش در منطقه، تعداد ۶ ایستگاه مطالعاتی انتخاب گردیدند که شکل ۱ و جدول ۱ موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در این تحقیق را نشان می‌دهند.

جدول ۱: موقعیت طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در تحقیق حاضر

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)
ایستگاه شماره ۱	۲۹°۱۸'۰۱"	۵۰°۱۹'۵۵"
ایستگاه شماره ۲	۲۹°۱۹'۴۴"	۵۰°۲۰'۴۸"
ایستگاه شماره ۳	۲۹°۲۰'۳۰"	۵۰°۲۱'۱۴"
ایستگاه شماره ۴	۲۹°۲۰'۱۲"	۵۰°۲۱'۲۷"
ایستگاه شماره ۵	۲۹°۱۹'۴۰"	۵۰°۲۱'۰۵"
ایستگاه شماره ۶	۲۹°۱۸'۲۵"	۵۰°۲۰'۳۱"

به‌منظور بررسی و تعیین غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و وانادیوم در بافت ماهیچه‌ای خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*)، تعداد ۱۲۰ نمونه خرچنگ شبح در فاصله زمانی اسفندماه ۱۳۹۹ تا اسفندماه ۱۴۰۰ به‌صورت کاملاً تصادفی و دستی جمع‌آوری گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از شستشو با آب منطقه نمونه‌برداری، ابتدا به‌صورت جداگانه در داخل کیسه پلاستیکی زیپ‌دار تمیز و سپس درون ظروف یونولیت حاوی پودر یخ قرار داده شده و جهت سنجش به آزمایشگاه منتقل گردیدند و تا زمان انجام آزمایش در فریزر منفی ۲۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، به‌منظور حذف آلودگی‌های بیرونی، نمونه‌ها با آب مقطر دیونیزه کاملاً شستشو گردیدند. پس از گذشت زمان مناسب برای خروج آب اضافی از نمونه‌ها، زیست سنجی و تعیین جنسیت انجام گرفت و نمونه‌ها کد گذاری شدند. طول کل نمونه‌ها به‌وسیله کولیس معمولی با دقت ۰/۰۱ میلی متر و توزین و تعیین وزن کل خرچنگ‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد.

شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری در امتداد سواحل ماسه‌ای اثر طبیعی ملی خارکو

هر نمونه خرچنگ شبح پس از شستشو توسط آب دیونیزه، کالبدشکافی شده و بافت عضله خرچنگ تفکیک و وزن گردید. بافت‌های جدا شده از هر نمونه که حدود ۵ گرم بودند جهت خشک شدن به مدت ۱۰ ساعت در درون دستگاه فریز درایر با دمای منفی ۴۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و مجدد نمونه‌های خشک شده وزن گردیدند و درصد رطوبت نمونه‌ها محاسبه شدند. سپس نمونه‌های خشک شده با استفاده از هاون چینی آزمایشگاهی پودر شده و عمل هضم شیمیایی مرطوب توسط ۶ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ به ازای یک گرم پودر از هر بافت انجام گرفت (۷، ۲۱). پس از صرف زمان حداقل ۳ ساعت، جهت انجام عمل هضم مقدماتی در دمای اتاق، برای هضم کامل نمونه از پلیت داغ در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد به‌مدت ۵ ساعت استفاده گردید. پس از اتمام عمل هضم، نمونه‌ها تبخیر داده شدند و در زمانی‌که نمونه‌ها هنوز خیس بودند از روی پلیت داغ برداشته شدند. نمونه‌ها با اسیدنیتریک ۰/۰۴ رقیق شده، سپس توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون صاف گردیده و پس از انتقال به بالن‌های حجم سنجی ۲۵ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانده شدند (۱۳). اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب، نیکل و وانادیوم در نمونه‌های به‌دست آمده از هضم شیمیایی، با کمک دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) برند Unicam مدل ۹۱۹ انجام گردید. لازم به توضیح است که برای بهینه نمودن منحنی ترسیمی دستگاه جذب اتمی، کالیبراسیون هر فلز با استفاده از محلول‌های استاندارد مرک (Merck) آلمان با غلظت ۱۰۰۰ قسمت در میلیون انجام شد. جهت بررسی قابلیت تکرارپذیری غلظت‌های به‌دست آمده از نمونه‌ها، ۱۰ درصد از نمونه‌ها ۳ بار آنالیز شدند و ضریب تغییرات ۰/۰۶ تا ۲/۷ درصد به‌دست آمد که قابل قبول است. به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (kolmogrove-smirnove) بررسی نرمال بودن داده‌ها سنجش شده و برای مقایسه میزان فلزات سنگین، اختلاف و عدم اختلاف معنی‌دار در بین ایستگاه‌های مختلف از واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) و آزمون توکی (Tukey) جهت جدا کردن گروه‌های مختلف استفاده گردید. هم‌چنین جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۹ استفاده گردید.

نتایج

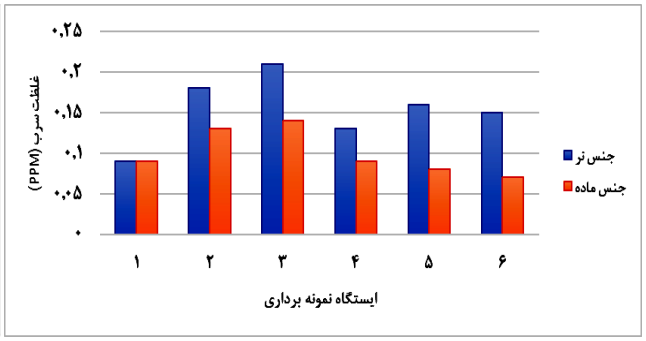
یافته‌های حاصل از نتایج زیست‌سنجی خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) زیستگاه منطقه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو شامل؛ وزن کل و طول کل در جدول ۲ نشان داده شده است. همان گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است براساس نمونه‌های زیست سنجی شده در ۶ ایستگاه مورد مطالعه، بیش‌ترین میانگین وزنی اندازه‌گیری شده ۴۵/۷ گرم و متعلق به جنس نر و کم‌ترین میانگین وزنی ۲۶/۴ گرم و متعلق به جنس ماده خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در این مطالعه بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین میانگین طول کل اندازه‌گیری شده ۴/۷ سانتی متر و مربوط به جنس نر و کم ترین میانگین طولی با ۳/۲ سانتی متر متعلق به جنس ماده خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) بوده است. میانگین غلظت فلزات سنگین سرب (Pb)، نیکل (Ni) و وانادیوم (V) اندازه‌گیری شده بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در بافت عضله خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در جدول ۳ آورده شده است. توالی غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌صورت نیکل < وانادیوم < سرب به‌دست آمد. میزان فلزات سنگین سرب، وانادیوم و نیکل بین جنس نر و ماده خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*)

تفاوت معنی‌داری را نشان داد (p≤۰/۰۵). مقایسه بین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در بین جنس نر و ماده خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است.

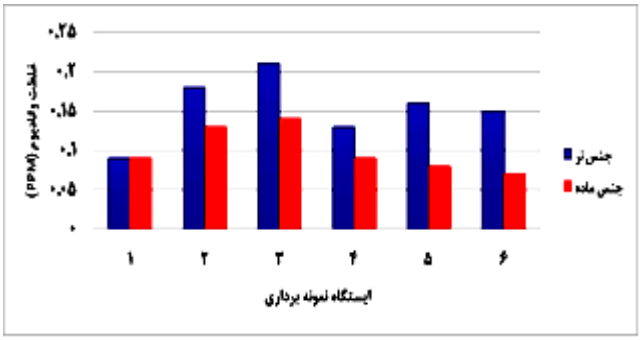
جدول ۲: نتایج میانگین و انحراف معیار زیست‌سنجی خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در زیستگاه منطقه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو

ایستگاه	جنسیت	تعداد	وزن (گرم) (انحراف معیار ± میانگین)	طول کل (سانتی‌متر) (انحراف معیار ± میانگین)
ایستگاه ۱	نر	۱۶	۴۵/۷ ± ۱۰/۲^{a}	۴/۷ ± ۱/۲^{a}
	ماده	۱۱	۳۴/۲۷ ± ۳/۲^{a}	۳/۶ ± ۰/۸^{a}
ایستگاه ۲	نر	۱۳	۴۳/۵ ± ۶/۴^{b}	۴/۱ ± ۱/۵۳^{b}
	ماده	۱۰	۳۲/۷ ± ۲/۷۵^{b}	۳/۲ ± ۰/۶^{b}
ایستگاه ۳	نر	۹	۳۷/۸ ± ۵/۴^{c}	۴/۴ ± ۱/۷^{c}
	ماده	۷	۳۰/۱ ± ۳/۲۵ ^{c}	۳/۸ ± ۰/۴^{c}
ایستگاه ۴	نر	۹	۳۴/۱۶ ± ۸/۲^{d}	۴/۲۵ ± ۱/۵۵^{d}
	ماده	۶	۲۶/۴ ± ۴/۶^{d}	۲/۹ ± ۰/۸^{d}
ایستگاه ۵	نر	۱۳	۳۸/۷ ± ۵/۳^{e}	۴/۷ ± ۱/۱^{e}
	ماده	۱۰	۲۶/۸ ± ۶/۷^{e}	۳/۷ ± ۰/۷۶^{e}
ایستگاه ۶	نر	۹	۳۵/۷ ± ۷/۳^{f}	۴/۰ ± ۱/۴۵^{f}
	ماده	۸	۳۰/۳ ± ۴/۵۲^{f}	۳/۴ ± ۰/۶^{f}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار است (P≤۰/۰۵).



شکل ۲: مقایسه میانگین غلظت سرب اندازه‌گیری شده (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در جنس نر و ماده

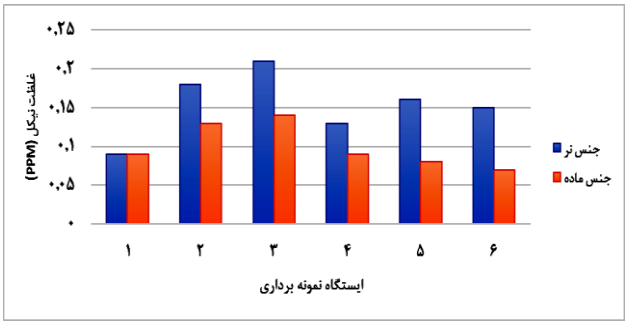


شکل ۳: مقایسه میانگین غلظت وانادیوم اندازه‌گیری شده (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در جنس نر و ماده

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، در بافت عضله خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در منطقه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو

ایستگاه	جنسیت	سرب (انحراف معیار ± میانگین)	نیکل (انحراف معیار ± میانگین)	وانادیوم (انحراف معیار ± میانگین)
ایستگاه ۱	نر	۵/۲۹ ± ۲/۸۶^{a}	۰/۰۹ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۷۶ ± ۰/۴۱^{a}
	ماده	۲/۶۸ ± ۱/۸۸^{a}	۰/۰۹ ± ۰/۰۷^{b}	۰/۳۱ ± ۰/۰۴^{a}
ایستگاه ۲	نر	۵/۵۷ ± ۲/۲۶^{b}	۰/۱۸ ± ۰/۰۷^{c}	۰/۷۷ ± ۰/۲۱^{b}
	ماده	۲/۹۳ ± ۰/۷۵^{b}	۰/۱۳ ± ۰/۱۱^{c}	۰/۳۴ ± ۰/۰۹^{b}
ایستگاه ۳	نر	۵/۶۹ ± ۱/۵۶^{c}	۰/۲۱ ± ۰/۰۶^{d}	۰/۸۴ ± ۰/۲۱^{c}
	ماده	۳/۴ ± ۰/۴۶^{c}	۰/۱۴ ± ۰/۰۴^{d}	۰/۴۱ ± ۰/۱^{c}
ایستگاه ۴	نر	۴/۸۹ ± ۲/۸۶^{d}	۰/۱۳ ± ۰/۰۸^{e}	۰/۵۴ ± ۰/۴۲^{d}
	ماده	۲/۴۸ ± ۰/۹۸^{d}	۰/۰۹ ± ۰/۰۳^{e}	۰/۳۸ ± ۰/۱۲^{d}
ایستگاه ۵	نر	۵/۰۹ ± ۲/۱۶^{e}	۰/۱۶ ± ۰/۰۷^{f}	۰/۶۳ ± ۰/۱۱^{e}
	ماده	۲/۳۶ ± ۱/۲۸^{e}	۰/۰۸ ± ۰/۰۵^{f}	۰/۳۴ ± ۰/۲۶^{e}
ایستگاه ۶	نر	۵/۳۵ ± ۱/۷۸^{f}	۰/۱۵ ± ۰/۰۹^{g}	۰/۶۹ ± ۰/۵۱^{f}
	ماده	۳/۲۷ ± ۰/۶۸^{f}	۰/۰۷ ± ۰/۰۸^{g}	۰/۲۹ ± ۰/۱۷^{f}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار است (P≤۰/۰۵).



شکل ۴: مقایسه میانگین غلظت نیکل اندازه‌گیری شده (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در جنس نر و ماده

بحث

در این مطالعه، پایش زیستی فلزات سنگین سرب (Pb)، وانادیوم (V) و نیکل (Ni) در زیستگاه منطقه بین جزر و مدی سواحل ماسه‌ای اثر طبیعی ملی خارکو در خلیج همیشه فارس، با استفاده از بافت ماهیچه خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) به‌عنوان یک شاخص زیستی مناسب در سواحل ماسه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش توالی میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در بافت عضله خرچنگ شبح را به‌صورت نیکل < وانادیوم < سرب بیان می‌نماید که این توالی بیانگر تجمع بالای فلز سرب در بافت ماهیچه خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در ایستگاه‌های مطالعاتی منطقه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو است. بالاتر بودن غلظت فلز سرب در مقایسه با فلزات دیگر سنجش شده، می‌تواند به‌دلیل بالا بودن غلظت این فلز در زیستگاه منطقه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو باشد. نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که انباشت زیستی فلزات سنگین سرب (Pb) و وانادیوم (V) در بافت عضله خرچنگ شبح بیش‌تر از میزان انباشت زیستی نیکل (Ni) است. انباشت زیستی بیش تر فلز سنگین سرب در بافت عضله خرچنگ شبح در مقایسه با فلز سنگین نیکل با مطالعات Dadvar و همکاران، در بررسی آلودگی فلزات سنگین در خرچنگ روح (*Ocypode saratan*) در سواحل جزر و مدی چابهار (۶)، مطالعه Okati و همکاران، در بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین در خرچنگ شناور آبی (*Portunus pelagicus*) در شهرهای بندرعباس و بوشهر (۱۵) و مطالعات Saadati و همکاران، در بررسی انباشت زیستی فلزات سنگین در خرچنگ نگهبان گلی (*Macrophthalmus depressus*)، که میزان سرب بیش‌تر از نیکل بوده است (۱۶) هم‌خوانی دارد. از سویی دیگر مقایسه میانگین غلظت فلزات سرب، وانادیوم و نیکل در بافت عضله خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) با استانداردهای سازمان جهانی سلامت (WHO)، سازمان خواروبار جهانی (FAO)، مدیریت غذا و داروی آمریکا (US FDA)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC) و وزارت کشاورزی-شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) که در جدول ۴ آورده شده است، نشان می‌دهد که میانگین فلزات سرب و وانادیوم در بافت عضله هر دو جنس نر و ماده خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) بالاتر از حدود مجاز اعلام شده به‌وسیله این نهادهای مرجع در بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین است. از سویی دیگر مقایسه میانگین فلز نیکل در بافت عضله خرچنگ نر و ماده با استانداردهای جهانی بیانگر پایین بودن میزان غلظت این فلز در بافت ماهیچه خرچنگ شبح با استانداردهای جهانی است (جدول ۴). بالاتر بودن میزان غلظت فلز سرب در بافت عضله خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) زیستگاه بین جزر و مدی خارکو در مقایسه با استانداردهای جهانی با یافته‌های Dadvar و همکاران، در خرچنگ روح (*Ocypode saratan*) در سواحل جزر و مدی چابهار (۶)، مطالعه Okati و همکاران، در خرچنگ شناور آبی (*Portunus pelagicus*) در شهرهای بندرعباس و بوشهر (۱۵) و مطالعات Saadati و همکاران، در خرچنگ نگهبان گلی (*Macrophthalmus depressus*)، که میزان سرب پایین‌تر از استانداردهای جهانی بوده است (۱۶) هم‌خوانی ندارد. این عدم هم خوانی با توجه به زمان‌های مورد مطالعه در تحقیقات مشابه نشان‌دهنده افزایش آلودگی فلزات سنگین در خلیج فارس و زیستگاه‌های منحصربه‌فرد آن است.

جدول ۴: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)، در بافت عضله خرچنگ شبح (*Ocypode rotundata*) در منطقه بین جزر و مدی اثر طبیعی ملی خارکو با استانداردهای جهانی

استانداردها و عضله خرچنگ	سرب	وانادیوم	نیکل	منبع
WHO	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۱۷
FAO	۱	۰/۵	۰/۵	۱۷
US FDA	۱/۷	–	۰/۸	۹
NHMRC	۱/۵	–	-	۴
UK MAFF	۱	–	-	۴
بافت ماهیچه خرچنگ شبح نر	۵/۳	۰/۷۰	۰/۱۵	مطالعه حاضر
بافت ماهیچه خرچنگ شبح ماده	۲/۸	۰/۳۴	۰/۱	مطالعه حاضر

WHO: World Health Organization
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
US FDA: USA Food and Drug Administration
NHMRC: National Health Medical Research Council
UK MAFF: United Kingdom Ministry of Agriculture, Fisheries and Food

با توجه به این‌که خرچنگ‌های شبح از بزرگ‌ترین جانوران بی‌مهره سواحل ماسه‌ای در سراسر جهان محسوب می‌گردند (۱۳) بنابراین پایش و مطالعات مستمر فلزات سنگین در این مناطق با استفاده از پایشگر زیستی خرچنگ شبح می‌تواند بسیار مفید و مؤثر در مدیریت محیط‌زیستی این مناطق باشد. در این پژوهش میزان فلز سرب و وانادیوم در عضله خرچنگ شبح بالاتر از حد استانداردهای جهانی بوده و نشان می‌دهد که این منطقه از نظر آلودگی به فلزات سرب و وانادیوم برای سلامت افراد مصرف‌کننده این گونه و هم‌چنین به جهت زنجیره غذایی دریایی مشکل‌ساز است که پایش آن نیازمند توجه و بررسی‌های مستمر است. هم‌چنین وجود مقادیر فلز نیکل نزدیک به حد استانداردهای جهانی می‌تواند هنگام انتقال در زنجیره غذایی پدیده بزرگ‌نمایی زیستی را به‌همراه داشته باشد و به‌دنبال آن شاهد افزایش آلودگی در مصرف‌کنندگان باشیم.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از رساله دکترای تخصصی مصوب رشته مهندسی محیط‌زیست، آلودگی محیط‌زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر می‌باشد. بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه مسئولین محترم اداره کل حفاظت محیط زیست استان بوشهر، پژوهشکده میگوی کشور، دکتر آرش حق‌شناس محقق پژوهشکده میگو، آزمایشگاه شاخه زیتون لیان و هم چنین حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر جهت همکاری در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. **Adedeji, O.B. and Okocha, R.C., 2011.** Assessment level of heavy metal in prawns (*Macrobrachium Macrobrachion*) and water from Epe Lagoon. Advances in Environmental Biology. 5(6): 1342-1345.
2. **Aghabozorgi, M. and Chamani, A., 2020.** The Concentration of Lead and Cadmium in the Hermit Crab (*Coenobita scaevola*) and Sediments of Kish Island. Journal of Environmental Science and Technology. 5(96): 15-25. (In Persian)
3. **Bat, L., Ustun, F. and Gokkurt Baki, O., 2012.** Trace element concentrations in the Mediterranean mussel Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819 caught from Sinop coast of the Black Sea, Turkey. The Open Marine Biology Journal. 6(1).
4. **Chen, C.Y. and Chen, M.H., 2003.** Investigation of Zn, Cu, Cd and Hg concentrations in the oyster of Chi-ku, Tai-shi and Tapeng Bay, southwestern Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis. 11(1): 10.
5. **Costa, L.L., Arueira, V.F., da Costa, M.F., Di Beneditto, A.P. and Zalmon, I.R., 2019.** Can the Atlantic ghost crab be a potential biomonitor of microplastic pollution of sandy beaches sediment? Marine Pollution Bulletin. 145: 5-13.
6. **Dadvar, E., Shapoori, M. and Sinaei, M., 2013.** Bioavailability of some heavy metals in gill and muscle tissues of ghost crab (*ocypode saratan*) in the tidal shores of Chabahar. Journal of marine biology. 5(19): 44-55. (In Persian)
7. **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. Food chemistry. 97(3): 490-497.
8. **Elumalai, P., Parthipan, P., Gao, X., Cui, J., Kumar, A.S., Dhandapani, P., Rajasekar, A., Sarma, H. and Ganapathy, N.R., 2024.** Theerthagiri J, Min A. Impact of petroleum hydrocarbon and heavy metal pollution on coral reefs and mangroves: a review. Environmental Chemistry Letters. 22: 1-23.
9. **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. 35: 711-720.
10. **Heidarieh, M., Maragheh, M.G., Shamami, M.A., Behgar, M., Ziaei, F. and Akbari, Z., 2013.** Evaluate of heavy metal concentration in shrimp (*Penaeus semisulcatus*) and crab (*Portunus pelagicus*) with INAA method. SpringerPlus. 2: 1-5.
11. **Humtsoe, N., Davoodi, R., Kulkarni, B.G. and Chavan, B., 2007.** Effect of arsenic on the enzymes of the Rohu carp, *Labeo rohita* (Hamilton 1822). Raffles Bull Zool. 14: 17-9.
12. **Loghmnai, M., Soltani, Z. and Mashahdi, S., 2020.** Assessment the heavy metals concentration changes in sediment, muscle tissue, and carapace of ghost crab in pre- and post-summer Mansoon. Journal of Animal Environment. 12(4): 509-520. (In Persian)
13. **Moopam, R., 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait. 1(20): 122-133.
14. **Naderi, M. and Zare, P., 2021.** Study of morphometric characteristics of *Ocypode rotundata* (Miers, 1882) on the south and south western coasts of Qeshm Island, Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal. 30(1): 65-82. (In Persian)
15. **Okati, N., Amini, M. and Etemadi, H., 2019.** Bioaccumulation of Heavy Metals (Cadmium, Lead and Nickel) in Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*). Journal of Animal Environment. 11(4): 305-312. (In Persian)
16. **Saadati, M., Soleimani, M., Sadeghsaba, M. and Hemami, M.R., 2020.** Bioaccumulation of heavy metals (Hg, Cd and Ni) by sentinel crab (*Macrophthalmus depressus*) from sediments of Mousa Bay, Persian Gulf. Ecotoxicology and environmental safety. 191: 109986. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109986
17. **Schlacher, T.A., Lucrezi, S., Connolly, R.M., Peterson, C.H., Gilby, B.L., Maslo, B., Olds, A.D., Walker, S.J., Leon, J.X., Huijbers, C.M. and Weston, M.A., 2016.** Human threats to sandy beaches: A meta-analysis of ghost crabs illustrates global anthropogenic impacts. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 169: 56-73.
18. **Shulkin, V.M., Presley, B.J. and Kavun, V.I., 2003.** Metal concentrations in mussel Crenomytilus grayanus and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. Environment international. 29(4): 493-502.
19. **Stelling-Wood, T.P., Clark, G.F. and Poore, A.G., 2016.** Responses of ghost crabs to habitat modification of urban sandy beaches. Marine Environmental Research. 116: 32-40.
20. **Waqas, W., Yuan, Y., Ali, S., Zhang, M., Shafiq, M., Ali, W., Chen, Y., Xiang, Z., Chen, R., Ikhwanuddin, M. and Ma, H., 2024.** Toxic effects of heavy metals on crustaceans and associated health risks in humans: a review. Environmental Chemistry Letters. 8: 1-21.
21. **Yilmaz, L., 2003.** Chemical Composition. Biological Properties and Health Effects of Propolis. 28-30.