

اندازه‌گیری میزان تجمع فلزات سنگین روی، مس و آهن در رسوب، پوسته و بافت عضله خرچنگ (*Thalamita crenata* (Rüppell, 1830) در سواحل خلیج چابهار

آرزو آزادیخواه، مهراں لقمانی*، محمدمنصور توتونی

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تجمع فلزات سنگین آهن، روی و مس در رسوبات و بافت عضله و پوسته خرچنگ *Thalamita crenata* در خلیج چابهار بود. بدین منظور تعداد ۴۰ نمونه (جنس نر و ماده) از ۲ ایستگاه تیس و کنارک واقع در خلیج چابهار در سال ۱۴۰۰ جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و پس از انجام زیست‌سنجی و آماده‌سازی نمونه‌ها، سنجش غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی صورت گرفت. نتایج نشان داد که الگوی تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و پوسته به ترتیب از بیشترین به کمترین روی، آهن و مس بود. اما، در رسوب، آهن بیشترین و سپس روی و مس بود. غلظت فلزات سنگین در بافت عضله به‌طور معنی‌داری بیشتر از پوسته مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین، غلظت فلزات سنگین در بافت عضله جنس ماده به‌طور معنی‌داری بیشتر از جنس نر (به‌جز آهن در ایستگاه تیس) بودند. اما در پوسته غلظت فلزات بین جنس نر و ماده تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). تجمع فلزات سنگین در خرچنگ‌ها و رسوبات ایستگاه کنارک بیشتر از ایستگاه تیس بود (به‌جز آهن در عضله ایستگاه تیس). براساس نتایج، بین میزان تجمع فلزات در بافت عضله و پوسته خرچنگ همبستگی مثبتی معنی‌داری وجود داشته ولی بین غلظت فلزات در رسوب و بافت و پوسته همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید. نتایج تجمع زیستی فلزات سنگین در رسوب نشان داد که غلظت فلزات سنگین در رسوب ایستگاه کنارک بالاتر از ایستگاه تیس بوده که می‌تواند به دلیل تردد بالای شناورهای صیادی و غیرصیادی باشد. تجمع فلزات سنگین در اندام‌های خرچنگ به نقش فیزیولوژیک اندام‌ها بستگی دارد. براساس نتایج مشخص شد بین خرچنگ نر و ماده از نظر تجمع فلزات سنگین تفاوت وجود داشت که عمدتاً به دلیل تفاوت در رژیم غذایی یا تفاوت در زیستگاه مرتبط است. مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله خرچنگ *T. crenata* منطقه مورد مطالعه با استانداردهای جهانی نشان داد که غلظت فلز مس بالاتر از استانداردهای جهانی و آهن نزدیک به استاندارد WHO قرار دارد. بنابراین خرچنگ *T. crenata* منطقه مورد مطالعه از نظر فلز مس و آهن خطری برای مصرف‌کنندگان دارد.

کلید واژگان: فلزات سنگین، خرچنگ، *Thalamita crenata*، خلیج چابهار، آلاینده

مقدمه

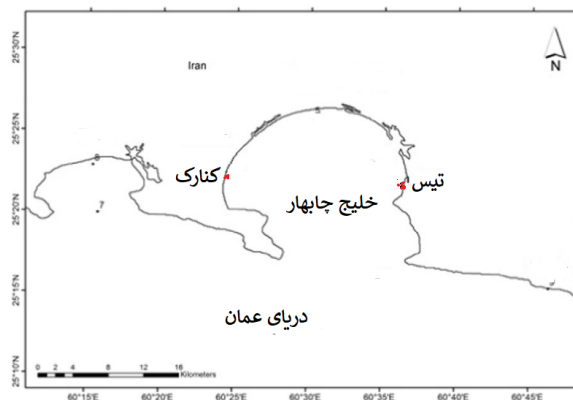
محیط دریایی و ساحلی به عنوان یک منطقه غنی از نظر تولیدات اولیه است که شامل انواع زیرسیستم‌های مختلف مانند آبسنگ‌های مرجانی و علف‌های دریایی هستند که محیطی پیچیده با تنوع زیستی غنی از انواع بدوی (خرچنگ نعل اسبی) تا موجودات پیشرفته (دلفین‌ها) می‌باشند. محیط‌زیست دریایی، ۷۱ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهد. آلاینده‌های محیط‌زیست همچنان یک مسئله جهانی و یکی از بزرگترین چالش‌های پیش روی بشر است (Kaur et al., 2021). سیستم‌های دریایی برای دریافت انواع آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی، به هر طریقی، بالقوه هستند. از آنجا که اکوسیستم‌های کاملاً پیچیده‌ای هستند، شامل اجزای شیمیایی و زیستی، آبزیان، فعالیت‌های فیزیکی و فیزیکی می‌باشند (Yilmaz et al., 2018).

فلزات سنگین به عنوان یک آلاینده اصلی انسانی در محیط‌های ساحلی و دریایی در سراسر جهان شناخته شده است. فلزات سنگین به دلیل سمیت، ماندگاری و ویژگی‌های تجمع زیستی، تهدیدی جدی برای سلامت انسان، موجودات زنده و اکوسیستم‌های طبیعی هستند (Naser, 2013). فلزات سنگین به طور طبیعی عناصری هستند که وزن و چگالی اتمی بالایی دارند که حداقل پنج برابر آب است و محیط‌زیست را تهدید می‌کند (Kaur et al., 2021). فلزات سنگین در اکوسیستم‌ها به دلیل سمی بودن، تجزیه‌ناپذیری در محیط‌زیست و تجمع زیستی در موجودات زنده، مورد توجه قرار گرفته‌اند. غلظت فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی به دلیل ورودی پسماندهای معادن، ذوب، کشاورزی، صنایع پتروشیمی، چاپ، آبزی پروری، صنایع الکترونیک، زباله‌های شهری و صنعتی، رواناب فاضلاب و تخلیه کشاورزی، به طور قابل توجهی افزایش یافته است. به عبارت دیگر، آلودگی فلزات سنگین ممکن است با توسعه سریع اقتصادی همراه شود (Zhuang and Gao, 2014). برخی از آنها برای موجودات زنده ضروری هستند و نقش حیاتی در حفظ رشد و عملکردهای فیزیولوژیکی طبیعی موجودات دارند (آهن، مس، روی و کروم ریز مغذی‌ها). اما انتشار آلودگی انسانی، غلظت این فلزات را در محیط‌های طبیعی به غلظت‌های خطرناک افزایش داده است (Vareda et al., 2019; Zhanga et al., 2020). یکی از منابع مهم انتقال

فلزات سنگین، در انسان مصرف غذاهای دریایی و پرورشی است. تحقیق در مورد آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی از نظر بهداشت عمومی، حفظ تعادل اکوسیستم‌ها و جلوگیری از تخریب زیستی به دلیل اثرات نامطلوب آلاینده‌ها مهم است. به همین دلیل، محققان بر روی تعیین میزان آلودگی منابع مختلف آبی، نحوه جذب فلزات توسط آبزیان، تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف آبزیان و امکان استفاده از آبزیان به عنوان شاخص‌های زیستی براساس پایش آلاینده‌ها تمرکز داشته‌اند (Vajargah, 2021).

رسوب نقش اساسی در جابجایی فلزات در محیط آبی دارد و در انتقال و تبدیل شیمیایی آنها نقش دارد. هنگامی که فلزات به آب می‌رسند، ممکن است با ذرات معلق ترکیب و در نهایت بر روی رسوبات بستر ته‌نشین شوند (Almeida Rodrigues et al., 2021). رسوبات به عنوان یک شاخص آلودگی مناسب برای فلزات سنگین عمل می‌کنند و به مدیریت و کنترل آلاینده‌ها کمک می‌کنند.

سخت‌پوستان دسته بزرگ و متنوعی از بندپایان را تشکیل می‌دهند که بیشتر اعضای آنها معمولاً در محیط آبی زندگی می‌کنند و به اصطلاح آبزی می‌باشند. سخت‌پوستان را می‌توان در مطالعات پایش زیستی در طیف گسترده‌ای از زیستگاه‌ها (مانند لایه‌های نرم و سخت از محیط‌های جزر و مدی تا نواحی عمیق) و برای انواع مختلف عوامل استرس‌زای محیطی استفاده کرد. سخت‌پوستان سهم بیشتری در شاخص‌های زیستی دارند (Navarro-Barranco et al., 2020). خرچنگ شناگر حرا (*Thalamita crenata*)، که خرچنگ شناگر کرنات یا خرچنگ سنگی خاردار نیز نامیده می‌شود، در سراسر آب‌های دریایی و شور مناطق هند و غرب اقیانوس آرام پراکندگی دارد. در بسیاری از کشورها به طور گسترده به عنوان خرچنگ خوراکی استفاده می‌شود. این گونه معمولاً شب‌فعال بوده و از بسیاری از دوکفه‌ای‌ها و سخت‌پوستان کم تحرک کوچک تغذیه می‌کند. با توجه به اهمیت فلزات سنگین در حیات آبزیان و نقش آنها در اکوسیستم‌های آبی، در پژوهش حاضر به بررسی این آلاینده‌ها و میزان تجمع آنها در بافت عضله و پوسته خرچنگ خوراکی *T. crenata* و مقایسه آنها با میزان تجمع در رسوبات پرداخته شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در خلیج چابهار

شیمیایی بافت‌ها مخلوط شود. پس جهت انجام عمل هضم مقدماتی در دمای اتاق، برای هضم کامل نمونه‌ها از پلیت داغ در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت استفاده شد. پس از اتمام عمل هضم، نمونه‌ها در معرض گرما قرار گرفت و قبل از این که به طور کامل خشک شوند از روی پلیت داغ برداشته شدند. نمونه‌ها با اسید نیتریک ۰/۰۴ رقیق شدند، سپس توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون صاف گردیده و پس از انتقال به بالن‌های حجم‌سنجی ۲۵ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانده شدند (دادور و همکاران، ۱۳۹۲). جهت اندازه‌گیری فلزات در نمونه‌های حاصل از هضم شیمیایی در آزمایشگاه معتمد (شرکت محیط‌زیست پاک) توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی Varian AA220، غلظت فلزات اندازه‌گیری شدند

سنجش فلزات سنگین در رسوب: نمونه‌های رسوب در طول خط ساحلی ایستگاه‌های نمونه‌برداری توسط بیلچه جمع‌آوری شدند. سپس، توسط کیسه‌های یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها تا شروع آنالیز شیمیایی در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نمونه‌های رسوب با دقت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس نمونه‌ها از طریق الک ۶۴ میکرون صاف شده و خرد شدند. هر گرم از خروجی در ۱۰ میلی‌لیتر از مخلوط (۱:۴) اسید نیتریک (۰/۶۵) و اسید کلریک (۰/۳۷) حل شد. بالون حاوی محلول به مدت ۱ ساعت روی حرارت ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس ۴ ساعت و در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد، مرحله هضم انجام شد. پس از سرد شدن محلول، محصول نهایی رقیق شد (تا ۴۰ میلی‌لیتر) و از کاغذ فلتر واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد (Shiry et al., 2021). جهت اندازه‌گیری فلزات در نمونه‌های حاصل از هضم

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر جهت بررسی غلظت فلزات سنگین در خرچنگ حرا (*T. crenata*) در اردیبهشت ماه ۱۴۰۰ صورت گرفت. نمونه‌برداری از ۲ ایستگاه تیس و کنارک واقع در خلیج چابهار و در امتداد سواحل جزر و مدی شمال دریای عمان انجام شد (شکل ۱).

در این پژوهش جمع‌آوری خرچنگ‌ها به صورت دستی صورت گرفت و از هر ایستگاه ۱۰ نمونه ماده و ۱۰ نمونه خرچنگ حرا جمع‌آوری و سپس، تمام نمونه‌ها درون کیسه‌های پلاستیکی تمیز و در جعبه‌های حاوی پودر یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها ابتدا جهت زدودن آلودگی سطحی با استفاده از آب مقطر شستشو داده شدند و پس از خروج آب اضافه، زیست‌سنجی نمونه‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر جهت اندازه‌گیری طول و عرض کاراپاس و ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم جهت بررسی وزن انجام شد (اکاتی و همکاران، ۱۳۹۷). بافت‌های مورد نظر در تحقیق حاضر (عضله و پوسته) جدا و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین نگهداری شدند (Fatemi et al., 2014).

سنجش فلزات سنگین در بافت (مس، روی و آهن):

در این مرحله بخشی از نمونه‌های بافت عضله و پوسته در دستگاه آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت جهت خشک شدن قرار گرفتند. سپس با هاون چینی نمونه‌های خشک شده پودر گردید (فاطمی و همکاران، ۱۳۹۴). در این مرحله یک گرم از نمونه پودر شده با ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد) جهت هضم

جدول ۱- میانگین (\pm انحراف معیار) فاکتورهای زیست‌سنجی شده خرچنگ *Thalamita crenata* در مناطق نمونه‌برداری

کنارک		تیس		
ماده	نر	ماده	نر	
۸۸/۴ \pm ۲۸/۸	۵۷/۶ \pm ۱۵/۷	۳۶/۵ \pm ۲/۴	۴۲/۶ \pm ۴/۵	طول کاراپاس (میلی‌متر)
۱۲۵/۵ \pm ۳۸/۵	۸۳/۸ \pm ۲۵	۵۵/۳ \pm ۴/۵	۶۶/۴ \pm ۱۵/۱	عرض کاراپاس (میلی‌متر)
۴۷۳/۸ \pm ۱۱۴/۱	۱۷۸/۲ \pm ۹۶/۵	۴۸/۸ \pm ۳/۸	۷۳/۲ \pm ۱۱/۶	وزن (گرم)

آهن در بافت عضله نر ایستگاه تیس (۱۱۶/۹ \pm ۱۵/۴) و کمترین میزان در بافت عضله نر ایستگاه کنارک (۴۸/۵۷ \pm ۱۶/۵) (میکروگرم بر گرم وزن خشک) برآورد شد. همچنین بیشترین میزان فلز آهن در پوسته برای خرچنگ ماده ایستگاه تیس (۳۷ \pm ۱۵/۶) و کمترین میزان برای خرچنگ نر ایستگاه تیس (۲۲/۶۴ \pm ۶/۶) ثبت شد (جدول ۳). نتایج آزمون t-test نشان داد، فلز آهن هم در بافت عضله و هم پوسته خرچنگ ماده و نر بین هر دو ایستگاه دارای اختلاف آماری معنی‌داری می‌باشد ($P < 0.05$).

براساس نتایج، بیشترین مقدار غلظت فلز روی در بافت عضله ماده ایستگاه کنارک (۱۱۶/۹ \pm ۱۵/۴) و کمترین میزان در بافت عضله ماده ایستگاه تیس (۱۴۶/۲ \pm ۱۳/۸) و بیشترین میزان فلز روی در پوسته برای جنس نر ایستگاه کنارک (۴۰/۲ \pm ۱۱/۱) و کمترین آن برای جنس نر ایستگاه تیس (۱۲/۹ \pm ۹/۶) (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) به‌دست آمد (جدول ۴). آزمون آماری نشان داد که این فلز در هر دو بافت عضله و پوسته خرچنگ‌های ماده و نر به‌صورت جدا بین هر دو ایستگاه دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

نتایج غلظت فلزات سنگین در رسوب مناطق مورد مطالعه: نتایج میانگین فلزات سنگین نشان داد که بیشترین غلظت برای فلز آهن ایستگاه کنارک (۹۸۷۰ \pm ۹۷۰/۷) و کمترین میزان برای فلز مس ایستگاه تیس (۳/۴۶ \pm ۰/۹) ثبت شد (جدول ۵). جهت بررسی معنی‌داری فلزات سنگین رسوبات بین ایستگاه‌ها از آزمون t-test استفاده شد. نتایج آزمون نشان داد که دو فلز آهن و روی بین دو ایستگاه دارای اختلاف آماری معنی‌دار است ($P < 0.05$) اما فلز مس بین دو ایستگاه فاقد معنی‌داری بود ($P > 0.05$).

بررسی همبستگی بین فلزات در بافت‌ها و رسوب: در مطالعه حاضر جهت بررسی همبستگی بین داده‌ها از آزمون پیروسون استفاده شد (جدول ۶) و داده‌هایی که ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۷ داشتند دارای همبستگی قوی بودند. براساس نتایج، بین میزان تجمع فلزات در بافت عضله و

شیمیایی در آزمایشگاه معتمد (شرکت محیط‌زیست پاک) توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی Varian AA220، غلظت فلزات اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف صورت گرفت. برای مقایسه میزان فلزات سنگین، اختلاف و عدم اختلاف معنی‌داری در بین ایستگاه‌ها و بین بافت‌ها از آزمون t-test استفاده شد. جهت بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در بافت از آزمون همبستگی پیروسون استفاده شد. سطح معنی‌داری در این مطالعه ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

زیست‌سنجی خرچنگ *T. crenata*: نتایج حاصل از زیست‌سنجی طول و عرض کاراپاس و وزن نمونه‌های نر و ماده خرچنگ ایستگاه تیس و کنارک در جدول ۱ ارائه شده است.

بررسی میزان تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله و پوسته: براساس نتایج، مشخص شد بیشترین مقدار غلظت فلز مس در بافت عضله ماده ایستگاه کنارک (۶۷/۸۱ \pm ۹/۱) و کمترین میزان در بافت عضله نر ایستگاه تیس (۴۰ \pm ۴/۷) بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد. همچنین، بیشترین میزان فلز مس در پوسته برای خرچنگ نر ایستگاه کنارک (۱۹/۱ \pm ۳) و کمترین میزان برای جنس ماده ایستگاه تیس (۴/۴ \pm ۱/۳) (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) گزارش شد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که فلز مس بافت عضله خرچنگ ماده و بین هر دو ایستگاه دارای اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$). همچنین، غلظت فلز مس در پوسته جنس نر و ماده در هر دو ایستگاه اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0.05$).

بررسی نتایج نشان داد که بیشترین مقدار غلظت فلز

جدول ۲- میانگین (±انحراف معیار) فلز مس ($\mu\text{g/g dryW}$) در دو بافت عضله و پوسته خرچنگ *Thalamita crenata*

در مناطق نمونه‌برداری				
کنارک		تیس		
ماده	نر	ماده	نر	
عضله	$67/81 \pm 9/1^b$	$61/3 \pm 7^b$	$46/54 \pm 6/4^a$	$40 \pm 4/7^a$
پوسته	$17/34 \pm 2/9^b$	$19/1 \pm 3^b$	$4/4 \pm 1/3^a$	$4/82 \pm 0/8^a$

*حروف ناهمسان نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است.

*مقایسه معنی‌داری بین ماده‌های دو ایستگاه و نرهای دو ایستگاه به صورت جدا صورت گرفته است.

جدول ۳- میانگین (±انحراف معیار) فلز آهن ($\mu\text{g/g dryW}$) در دو بافت عضله و پوسته خرچنگ *Thalamita crenata*

در مناطق نمونه‌برداری				
کنارک		تیس		
ماده	نر	ماده	نر	
عضله	$104 \pm 28/7^b$	$48/57 \pm 16/5^b$	$96/9 \pm 23/9^a$	$116/9 \pm 15/4^a$
پوسته	$32/4 \pm 16/04^b$	$36/62 \pm 11/1^b$	$37 \pm 15/6^a$	$22/64 \pm 6/6^a$

*حروف ناهمسان نشان‌دهنده وجود اختلاف آماری معنی‌دار است.

*مقایسه معنی‌داری بین ماده‌های دو ایستگاه و نرهای دو ایستگاه به صورت جدا صورت گرفته است.

جدول ۴- میانگین (±انحراف معیار) فلز روی ($\mu\text{g/g dryW}$) در دو بافت عضله و پوسته خرچنگ *Thalamita crenata*

در مناطق نمونه‌برداری				
کنارک		تیس		
ماده	نر	ماده	نر	
عضله	$211/4 \pm 29/9^b$	$172/3 \pm 23/05^b$	$146/2 \pm 13/8^a$	$116/8 \pm 12/8^a$
پوسته	$37/5 \pm 1/6^b$	$40/2 \pm 11/1^b$	$13/5 \pm 2/4^a$	$12/9 \pm 9/6^b$

*حروف ناهمسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار است.

*مقایسه معنی‌داری بین ماده‌های دو ایستگاه و نرهای دو ایستگاه به صورت جدا صورت گرفته است.

جدول ۵- میانگین (±انحراف معیار) فلزات سنگین ($\mu\text{g/g dryW}$) در رسوبات ایستگاه مناطق مورد مطالعه

	کنارک	تیس
مس	$6/66 \pm 0/8^a$	$3/46 \pm 0/9^a$
آهن	$9870 \pm 970/7^a$	$6837 \pm 360/5^b$
روی	$41/21 \pm 2/4^a$	$24/77 \pm 1/15^b$

*حروف همسان نشان‌دهنده عدم اختلاف آماری معنی‌دار است.

*حروف ناهمسان نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار است.

پوسته این ایستگاه بین غلظت فلزات سنگین در جنس نر و ماده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در ایستگاه تیس در بافت عضله غلظت فلز آهن در جنس نر ($\mu\text{g/g dryW}$) ۱۱۶/۹ بیشتر از جنس ماده ($96/9 \mu\text{g/g dryW}$) بود. اما، دو فلز مس و روی در عضله جنس ماده بیشتر از جنس نر بوده و بین غلظت هر سه فلز در جنس نر و ماده در بافت عضله تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در پوسته خرچنگ در ایستگاه تیس غلظت فلز آهن در جنس ماده ($\mu\text{g/g dryW}$) ۳۷ بیشتر از جنس نر ($22/6 \mu\text{g/g dryW}$) بود و دارای تفاوت معنی‌داری با یکدیگر بودند. اما، دو فلز مس و روی

پوسته خرچنگ همبستگی مثبتی معنی‌داری به‌دست آمد وجود ولی بین غلظت فلزات در رسوب و بافت و پوسته همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که الگوی تجمع زیستی فلزات سنگین هم در بافت عضله و پوسته جنس نر و ماده هر دو ایستگاه به صورت روی < آهن < مس می‌باشد. برایای نتایج به‌دست آمده، در ایستگاه کنارک غلظت فلزات سنگین در عضله خرچنگ ماده بیشتر از جنس نر مشاهده شد و در

جدول ۶- مقایسه همبستگی بین فلزات سنگین بافت و رسوب در خرچنگ *Thalamita crenata* در خلیج چابهار

		Cu (M)	Fe (M)	Zn (M)	Cu (C)	Fe (C)	Zn(C)	Zn (S)	Cu (S)	Fe (S)
Cu (M)	ضریب همبستگی معنی داری									
Fe (M)	ضریب همبستگی معنی داری	۰/۲۳**								
Zn (M)	ضریب همبستگی معنی داری	۰/۹۴**	۰/۰۷							
Cu (C)	ضریب همبستگی معنی داری	۰/۷۹**	۰/۰۶	۰/۸۲**						
Fe (C)	ضریب همبستگی معنی داری	۰/۲۶	۰/۲۶	-۰/۲۳*	-۰/۴۰					
Zn (C)	ضریب همبستگی معنی داری	۰/۷۹**	۰/۱۶	۰/۸۰**	۰/۹۴**	-۰/۱۸				
Cu (S)	ضریب همبستگی معنی داری	۰/۰۱۶	-۰/۲۸	۰/۰۰	-۰/۵۵	۰/۷۰	۰/۴۲			
Fe (S)	ضریب همبستگی معنی داری	-۰/۰۲	-۰/۳۱	۰/۰۳-	-۰/۵۵	۰/۷۲	۰/۳۵	-۰/۳۵	۰/۹۹**	
Zn (S)	ضریب همبستگی معنی داری	۰/۰۱۴	-۰/۳۱	۰/۰۰	-۰/۵۸	۰/۷۲	۰/۶۰	-۰/۳۴	۰/۹۸**	۰/۹۹**

M= Muscle, C=Carapace, S=sediment

*معنی داری در سطح ۹۵ درصد

**معنی داری در سطح ۹۹ درصد

حاضر از نظر وجود اختلاف آماری معنی دار بین غلظت فلزات در دو جنس نر و ماده با نتایج Naghshbandi و همکاران (۲۰۰۷) و Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت. دلیل این امر می تواند به دلیل نقش فلزات روی و مس در متابولیسم آبزیان باشد (احمدی کردستانی و همکاران، ۱۳۹۴).

در مطالعه Kurun و همکاران (۲۰۱۰) غلظت فلز مس ۹/۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شد که کمتر از مس موجود در بافت نرم و سخت مطالعه حاضر بود. همچنین، مرادی و سلگی (۱۳۹۷) بیان کردند که غلظت فلزات در بافت سخت به طور معنی داری کمتر از بافت عضله می باشند. مس به عنوان یک عنصر ضروری برای آنزیمهایی مانند اسیدهای آمینه و سیتوکروم اکسیداز C در نظر گرفته می شود. فلز روی به عنوان یک کوفاکتور در تعداد زیادی آنزیم و پروتئینهای احیاکننده مانند پلی استر DNA و RNA، کربنیک انیدراز یا آلکالین فسفاتاز عمل می کند. بر این اساس، تحقیقات بیان کننده نقش حیاتی این عناصر در فیزیولوژی خرچنگ است. مطالعه Mbeh و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که غلظت فلز مس (۱۲۱/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) در عضله خرچنگ *Carcinus maenas* بسیار بالاتر از مطالعه حاضر، و مقدار روی و آهن بسیار

تفاوتی معنی داری بین جنس نر و ماده با یکدیگر نداشتند. با این وجود مشخص شد که خرچنگ ماده تجمع زیستی بیشتری از فلزات را دارا بود. همچنین، بررسی آمار توصیفی نشان داد که هر سه فلز در خرچنگ جنس نر و ماده بین دو ایستگاه و بین دو بافت دارای اختلاف آماری معنی داری بودند ($P < 0.05$). غلظت فلزات مورد بررسی در بافت عضله بیشتر از بافت پوسته مشاهده شد. نتایج کلی نشان داد که فلز مس (۶۴/۵) و روی (۱۹۱/۸) در بافت عضله ایستگاه کنارک بیشتر از ایستگاه تیس (مس ۴۳/۲ و روی ۱۳۱/۵) بودند. اما آهن در تیس (۱۰۶/۹) بیشتر از کنارک (۷۶/۲) مشاهده شد. در پوسته مشخص شد که غلظت هر سه فلز مس، روی و آهن به ترتیب ۱۸/۲، ۳۸/۸ و ۳۴/۵ در ایستگاه کنارک بیشتر از ایستگاه تیس (به ترتیب ۴/۶، ۱۳/۲ و ۲۹/۸) بودند. بنابراین، طبق این نتایج مشخص شد که تجمع فلزات سنگین در خرچنگ های ایستگاه کنارک بیشتر از ایستگاه تیس می باشد (به جز آهن در عضله ایستگاه تیس) که یکی از دلایل آن می تواند تردد بالای شناورهای صیادی و غیر صیادی در این منطقه و نیز ورود پساب های خانگی و صنعتی باشد. میانگین غلظت کلی فلزات مس، روی و آهن در عضله به ترتیب ۵۳/۸، ۱۶۱/۶ و ۹۱/۵ و در پوسته به ترتیب ۱۱/۴، ۲۶/۰۵ و ۳۲/۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. مطالعه

پایین‌تر در عضله بودند.

تجمع فلزات سنگین در اندام‌های خرچنگ به نقش فیزیولوژیکی اندام‌ها بستگی دارد (Abdolhay et al., 2020). طبق تحقیقات مشخص شده است که بافت ماهیچه در مقایسه با کبد و آبشش تمایل به تجمع فلزی کمتری دارد (Abdolhay et al., 2020). نتایج مطالعه حاضر نشان داد بین خرچنگ نر و ماده از نظر تجمع فلزات سنگین تفاوت وجود داشت. تفاوت در تجمع بین جنس‌ها عمدتاً به تفاوت در رژیم غذایی یا تفاوت در زیستگاه نسبت داده شده است (Abdolhay et al., 2020). در واقع خرچنگ نر، بیشتر از ماهی و دوکفه‌ای و خرچنگ ماده بیشتر از میگو، گیاهان و موجودات اعماق بستر تغذیه می‌کند (Hosseini et al., 2014). در نتیجه تغذیه سخت‌پوستان نشان داد که فلزات می‌توانند در بافت‌های سخت‌پوستان در سطوح بسیار بالاتری تجمع پیدا کنند. خرچنگ‌های ماده از حیوانات و گیاهان کفزی تغذیه می‌کنند و سطوح بالایی از فلزات را دریافت می‌کنند در نتیجه، سطوح بالای فلزات در خرچنگ‌های ماده می‌تواند به شرایط زیستگاه به‌عنوان یک خرچنگ رسوبی اشاره کند. زیرا رسوبات فلزات بیشتری را انباشته می‌کنند و ارگانسیم‌های کفزی در زمان تغذیه در معرض فلز بیشتری قرار می‌گیرند (Abdolhay et al., 2020). در تحقیق Abdolhay و همکاران (۲۰۲۰) بر روی تجمع فلزات سنگین در خرچنگ شناگر آبی در سواحل بوشهر بیان داشتند که غلظت فلزات سنگین در خرچنگ‌های ماده بیشتر از خرچنگ‌های نر است. اما در مطالعه Zeng و همکاران (۲۰۱۶) غلظت فلزات سنگین در خرچنگ جنس نر بالاتر از جنس ماده بود.

محل زندگی و رشد سخت‌پوستان نیز یکی از موارد مهم در میزان تجمع فلزات سنگین در آن‌ها است (مرادی و سلگی، ۱۳۹۷). بیشترین منبع فلز روی از فاضلاب‌های تخلیه‌شده صنایع به محیط آبی است (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳). علت تفاوت در تجمع فلزات سنگین بافت‌های مختلف، معمولاً به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت مناطق مختلف، رژیم غذایی متفاوت و تفاوت در منابع آلاینده است (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴). برخلاف ماهی‌ها (استخوانی عالی) که آب می‌نوشند، سخت‌پوستان به‌عنوان مثال خرچنگ، چنین رفتاری ندارد، اما وقتی در آب فرو می‌روند، فلزات سمی را از طریق آبشش‌های خود جذب

کنند. فلزات سمی وقتی که از آبشش‌ها عبور می‌کنند مستقیماً به اندام‌های داخلی مانند روده و ماهیچه‌ها منتقل می‌شوند. در همین راستا، کاراپاس در جذب فلزات کارآمد هستند (Numbere, 2019). در سخت‌پوستان، تجمع فلزات سنگین بین اندام‌ها متفاوت است. در مطالعه Numbere (۲۰۱۹) فلز روی غلظت بالایی داشت زیرا فلزی است که به‌طور طبیعی در پوسته زمین وجود دارد و از طریق زباله‌های کارخانه صنعتی وارد رسوبات شده و همچنین در ساخت قایق استفاده می‌شود (Numbere, 2019).

بررسی نتایج تجمع زیستی فلزات سنگین در رسوب مطالعه حاضر و مقایسه آنها با مطالعات مشابه

در بررسی حاضر، نتایج تجمع زیستی فلزات سنگین در رسوب نشان داد که غلظت فلزات سنگین در رسوب ایستگاه کنارک همان‌طور که ذکر شد به دلیل تردد بالای شناورها، بالاتر از ایستگاه تیس بود. اما برای فلز مس بین دو ایستگاه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). در این تحقیق الگوی تجمع فلزات سنگین به‌صورت آهن < روی < مس بود. همسو با این نتایج، حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۷) طی پژوهشی عنوان کردند که فلز آهن دارای بیشترین غلظت در میان سایر فلزات در رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس می‌باشد. نتایج نشان داد که مقادیر بالای آهن در منطقه خلیج چابهار می‌تواند به دلیل رنگ‌آمیزی بدنه کشتی‌ها و قایق‌ها و همچنین انتقال نفت خام به‌وسیله نفت‌کش‌ها باشد. وجود فلز آهن به‌عنوان یکی از عناصر غذایی به میزان بسیار کم برای انجام فعالیت‌های زیستی موجودات زنده ضروری می‌باشد (حق‌شناس و همکاران، ۱۳۹۶) اما مقادیر بالا در موجودات سبب مسمومیت و سبب اثرات مخرب در سیستم ایمنی از طریق کاهش تکثیر لنفوسیت‌های B و کاهش پاسخ آنتی‌بادی‌های سلول‌های T می‌شود (سبحان‌اردکانی و همکاران، ۱۳۹۵). Shiry و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که بیشترین غلظت فلزات سنگین در رسوبات خلیج چابهار مربوط به فلز آهن (۱۵/۵ میکروگرم بر گرم) بود که با مطالعه حاضر همخوانی داشت. در تحقیق حاضر نیز بیشترین غلظت برای فلز آهن بوده که یک فلز ضروری است. در جدول ۷ مقایسه‌ای بین غلظت فلزات سنگین مس، روی و آهن در مطالعه حاضر با سایر مطالعات مشابه صورت پذیر گرفته است که براساس مقادیر به‌دست آمده در مطالعه حاضر از استانداردهای جهانی

جدول ۷- مقایسه غلظت فلزات (میکرو گرم بر گرم) در رسوب منطقه مطالعاتی حاضر با سایر نقاط جهان

منبع	مس	روی	آهن	منطقه
مطالعه حاضر	۲۶/۵	۳۲/۹	۸۳۵۳/۵	دریای عمان
Irandoost <i>et al.</i> (2018)	۱۵	۳۰	۲۵	سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان
سلیمانی و همکاران (۱۳۹۴)	۱۰	۳۶/۷۲	۲۰۲۴۷/۵	دریای عمان
زاهدی دهویی و همکاران (۱۳۹۸)	---	۵۸/۸	---	جنگل های حرای هرمزگان
Koosej <i>et al.</i> (2016)	۲۷/۷۸	۷۶/۰۶	۳۵۴۱۰	قشم
Bibak <i>et al.</i> (2018)	۶/۱	۹/۷	۴۶۷۳/۶	بوشهر
Ekoa Bessa <i>et al.</i> (2021)	۱۰۶/۶۶	۱۰۲/۶۵	۱۸۰۹۵/۶	ساحل اقیانوس اطلس، جنوب غربی کامرون
Jeong <i>et al.</i> (2021)	۸	۱۱	---	رسوبات Palau
Sadeghi <i>et al.</i> , 2021	۳/۱۵	۱۱/۶۶	---	دریای عمان
Ganugapenta <i>et al.</i> (2018)	۳/۵	۱۴/۱۹	۲۷۷۹/۸	ساحل Tupilipalem (جنوب شرقی هند)
Agah (2021)	۱۴/۱	۳۹/۶	۳/۱۱	خلیج چابهار
Arikibe <i>et al.</i> (2020)	۱۷۵/۴	۴۳/۶	---	ساحل Suva (فیجی)
Salam <i>et al.</i> (2019)	۰/۰۲	۴/۸	۰/۰۴	مالزی
Koosej <i>et al.</i> (2016)	۳۳	۹۵	۴۶۰۰۰	استاندارد جهانی
کیفیت رسوب آمریکا NOAA (Long <i>et al.</i> (1995))	۳۱/۶	۱۲۱	---	ERL (Effect Range Low)
کیفیت رسوب آمریکا NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (Long <i>et al.</i> (1995))	۱۴۹	۴۵۹	---	PEL (Probable Effect Level)

و روی کمتر از تحقیق حاضر بود. اما، همانند تحقیق حاضر فلز آهن بیشتر از فلزات دیگر بود. حمزه و همکاران (۱۳۹۳) بیان کردند که در سواحل شمالی دریای عمان در فصل بادهای شدید موسمی در تابستان لنج‌ها در کناره‌های سواحل جهت تممیرات و رنگ‌آمیزی نگهداری می‌شوند که این فعالیت‌ها به‌طور مکرر موجب ایجاد آلودگی و تجمع زیستی آلاینده‌های پایدار مانند فلزات سنگین در رسوبات این مناطق می‌شود. رنگ‌های بکار رفته در پوشش شناورها همچنین دارای میزان بالای حلال‌های آلی همراه با فلزات سنگین سمی و فلزات سنگین ضروری مس و روی می‌باشند که استفاده مداوم آن‌ها در طول زمان زیاد سبب تجمع این فلزات در غلظت‌های کشنده می‌شود (حمزه و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین، می‌تواند به‌حضور پایانه نفتی واقع در نزدیکی سواحل مرتبط باشد. محتوای بالای مس و روی به‌دلیل نزدیکی به گاراژها، پالایشگاه‌های نفت و تبدیل فلزی، نقش انسانی را نشان می‌دهد. غلظت بالای آهن ممکن است بیشتر به فرآیندهای طبیعی مانند فوران‌های آتشفشانی و فرسایش سنگ‌های با منشأ آهن نسبت داده شود (Ekoa Bessa *et al.*, 2021).

پایین‌تر می‌باشند. در بررسی Irandoost و همکاران (۲۰۲۱) در رسوبات بخش شمالی سواحل خلیج فارس و دریای عمان میزان مس بالاتر و میزان آهن کمتر از تحقیق حاضر بود. در مطالعه زاهدی دهویی و همکاران (۱۳۹۸) غلظت فلز روی بالاتر از تحقیق حاضر بود که دلیل آن بالا بودن فعالیت‌های صنعتی در منطقه مطالعاتی (عسلویه) ذکر شده است. مطالعه انجام شده توسط Koosej و همکاران (۱۴۰۰) در سواحل قشم نشان‌دهنده بالا بودن غلظت فلزات آهن، مس و روی نسبت به مطالعه حاضر بود. کوسج و همکاران (۱۴۰۰) علت بالا بودن غلظت فلز آهن را حمل و نقل نفت خام و رنگ‌آمیزی شناورها بیان کرد. در تحقیق Ekoa Bessa و همکاران (۲۰۲۱) همانند مطالعه حاضر، بیشترین مقدار فلز برای فلز آهن گزارش شده بود. اما مقادیر فلزات سنگین این مطالعه بر روی رسوبات سواحل کامرون بیشتر از مطالعه حاضر بود. در تحقیق Jeong و همکاران (۲۰۲۱) غلظت فلزات مورد بررسی در رسوبات Palau در ایسلند بسیار کمتر از تحقیق حاضر بود. در تحقیق Ganugapenta و همکاران (۲۰۱۸) در رسوبات ساحل Tupilipalem (جنوب شرقی هند) غلظت فلزات آهن، مس

منابع

- احمدی کردستانی ز، حمیدیان ا.م.، حسینی س.، اشرفی س. ۱۳۹۴. تعیین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*). نشریه محیط زیست طبیعی. ۶۸(۳): ۳۴۵-۳۵۱.
- امینی رنجبر غ.، ستوده‌نیا ف. ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). *مجله علمی شیلات ایران (فارسی)*. ۱۴(۳): ۱۸-۱.
- اکاتی ن.، امینی م.، اعتمادی ا. ۱۳۹۷. تجمع زیستی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب و نیکل) در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*). فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری. ۱۱(۴): ۳۰۵-۳۱۲.
- دادور ا.، شاپوری م.، سینایی م.، ۱۳۹۲. بررسی آلودگی فلزات سنگین در بافت های ماهیچه و آبشش خرچنگ روح *Ocypode saratan* در سواحل جزرمدی خلیج چابهار. *مجله علمی و پژوهشی زیست شناسی دریا* ۵(۱۹): ۴۵-۵۵.
- سبحان اردکانی س.، تیزهوش م.، ۱۳۹۵. تعیین میزان روی، سرب، کادمیوم و مس در شیر خام کارخانه های لبنی خرم آباد. *مجله بهداشت مواد غذایی*. ۶(۲): ۴۳-۵۰.
- سلیمانی م.، پاکزاد ح.، پسندی م.، نقره نیان م.، کمالی م. ۱۳۹۴. بررسی منشأ فلزات سنگین در رسوبات ماسه ای بخشی از دریای عمان در محدوده استان سیستان و بلوچستان. *زمین شناسی اقتصادی*. ۷(۱): ۱۶۵-۱۷۶.
- فاطمی ف.، خرم‌نژادیان ش.، شمسایی‌مهرجان م. ۱۳۹۴. تجمع زیستی آرسنیک در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*). *مجله علمی پژوهشی زیست‌شناسی دریا*. ۶(۲۵): ۴۳-۵۲.
- حق شناس آ.، حاتمی‌منش م.، میرزائی م.، میرسنجری م.، حسین خضری پ. ۱۳۹۶. سنجش و ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس. *مجله طب جنوب*. ۲۰(۵): ۴۶۹-۴۴۸.
- حمزه م ع.، بومری م.، رضایی ح.، بسکله غ. ۱۳۹۰. ژئوشیمی زیست‌محیطی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج گواتر، منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران. *اقیانوس شناسی*. ۲(۸): ۲۰-۱۱.
- حمزه م.ع.، محمودی قرایی م.ح.، بسکله غ. ۱۳۹۳. بررسی ژئوشیمیایی منشاء و اثرات آلودگی فلزات سنگین در بنادر صیادی زمین و بریس. *اقیانوس شناسی*. ۵(۱۷): ۳۱-۲۱.
- حسینی س.و.، حسینی س.م.، طاهرگورابی ر.، ناصری م. ۱۳۸۵. تعیین میزان فلزات سنگین در آب، رسوبات و عضله خرچنگ، *Astacus leptodactylus* در رودخانه عباسی شهرستان نور، *مجله علمی طبیعی ایران*. ۵۹(۳): ۶۴۹-۶۵۷.
- جعفرزاده ح.ف.، منگلی زاده ن.، تکدستان ا.، دیناری م. ۱۳۹۳. جذب فلز روی (Zn) از محلول‌های آبی به وسیله کیتین استخراجی از پوسته خرچنگ کاراپاس. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*. ۱۶(۱): ۵۴۲-۵۲۹.
- مرادی ز.، سلگی ع. ۱۳۹۷. مقایسه تجمع فلزات سنگین (آهن، روی، مس، منگنز و نیکل) در بافت نرم و سخت خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) سواحل شهرستان بوشهر، فصلنامه علمی پژوهشی زیست شناسی جانوری تجربی، ۷(۳): ۱۴۱-۱۵۰.
- زاهدی دهویی ل.، قشلاقی ا.، مرتضوی م.ص. ۱۳۹۸. ارزیابی وضعیت آلودگی هیدروکربن‌های نفتی کل و فلزات سنگین در رسوبات ساحلی جنگل‌های حرای منطقه تباب استان هرمزگان. *پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی*. ۳۵(۱): ۹۰-۷۳.
- Abdolhay H.A., Kazemzadeh Khoei J., Raeisi Sarasiab A., Baniamam M., Hosseini M. 2020.** Bioaccumulation and distribution of heavy metals (Se, As and Pb) in muscle, gill and hepatopancreas of blue crab *Portunus pelagicus*, Bushehr Coast, Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 19(5), 2735-2742.
- Agah H. 2021.** Ecological risk assessment of heavy metals in sediment, fish, and human hair from Chabahar Bay, Makoran, Iran. *Marine Pollution Bulletin* 169, 112345.
- Bibak M., Sattari M., Agharokh A., Tahmasebi S., Namin J.I. 2018.** Assessing some heavy metals pollutions in sediments of the northern Persian Gulf (Bushehr province). *Environmental Health Engineering and Management Journal* 5(3), 175 -79.
- de Almeida Rodrigues P., Ferrari R.G., Kato L.S., Hauser-Davis R.A., Conte-Junior C.A. 2021.** A Systematic Review on Metal Dynamics and Marine Toxicity Risk Assessment Using Crustaceans as Bioindicators. *Biological Trace Element Research* 200, 881-903.
- Ekoa Bessa A.Z., Nguetchoua G., Kwewouo Janpou A., El-Amier Y.A., Njike Njome Mbella Nguetnga O.A., Kankeu Kayou U.R., Bisse S.B., Ngo Mapuna E.C. Armstrong-Altrin J.S. 2021.** Heavy metal contamination and its ecological risks in the beach sediments along the Atlantic Ocean (Limbe coastal fringes, Cameroon). *Earth Systems and Environment* 5(2), 433-444.
- Ganugapenta S., Nadimikeri J., Chinnapolla SRRB., Ballari L., Madiga R., Nirmala K., Tella L.P. 2018.** Assessment of heavy metal pollution from the sediment of Tupilpalem Coast, southeast coast of India. *International Journal of Sediment Research* 33(3), 294-302.
- Hosseini M., Nabavi S.M.B., Pazooki J., Parsa Y. 2014.** The levels of toxic metals in Blue Crab

- Portunus segnis* from Persian Gulf. *Journal of Marine Science. Research & Development* 4(1), 1.
- Irandoost F., Agah H., Rossi L., Calizza E., Careddu G., Costantini M.L. 2021.** Stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) and heavy metal levels in macroalgae, sediment, and benthos from the northern parts of Persian Gulf and the Gulf of Oman, *Marine Pollution Bulletin* 163.
- Jeong H., Choi J.Y., Choi D.H., Noh J.H., Ra K. 2021.** Heavy metal pollution assessment in coastal sediments and bioaccumulation on seagrass (*Enhalus acoroides*) of Palau. *Marine Pollution Bulletin* 163,111912.
- Kaur M., Sharma A. 2021.** A review on heavy metal accumulation and toxicity in biotic and abiotic components. IOP Conf. Ser.: Earth Environmental Science 889, 012062.
- Koosej N., Jafariyan H., Rahmani A., Patimar A. Gholipoor H. 2016.** The study of some heavy metals (lead, nickel, zinc, copper and iron) in muscle tissue of blue swimming crab *Portunus pelagicus* in some areas of the hormozgan province, Iran. *American Journal of Life Science Researches* 4(4), 140-144.
- Kurun A., Balkis N., Erkan M., Balkis H., Aksu A., Erşan M.S. 2010.** Total metal levels in crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), and surface sediments in Lake Terkos, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 169(1), 385-395.
- Long E.R., MacDonald D.D., Smith S.L., Calder F.D. 1995.** Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19, 81-97.
- Matin M.T., Mashinchian A., Sinaei M., Jamili S. 2019.** Metallothionein as a biomarker of heavy metal (Cd, Cu, Zn, Pb, Hg, Ni, Cr) pollution in hermit crab (*Clibanarius signatus*). *Environment Asia* 12(2), 164-171
- Mbeh G.M., Kamga F.T., Kengap A.K., Atem W.E., Mbeng L.O. 2019.** Quantification of heavy metals (Cd, Pb, Fe, Mg, Cu, and Zn) in seafood (fishes and crabs) and evaluation of health risks to consumers in Limbe, Cameroon. *Journal of Materials and Environmental Sciences* 10(10), 948-957.
- Naghshbandi N., Zare S., Heidari R. Razzaghzadeh S. 2007.** Concentration of heavy Metals in Different Tissues of *Astacus leptodactylus* from Aras Dam of Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(21), 3956-3959.
- Navarro-Barranco C., Ros M., de Figueroa J.M.T. Guerra-García J.M. 2020.** Marine crustaceans as bioindicators: Amphipods as case study. *Fisheries and Aquaculture* 9, 435.
- Numbere A.O. 2019.** Bioaccumulation of total hydrocarbon and heavy metals in body parts of the West African red mangrove crab (*Goniopsis pelii*) in the Niger Delta, Nigeria. *International Letters of Natural Sciences* 75.
- Sadeghi P., Loghmani M., Yousuf D.J., Taghizadeh Rahmat Abadi Z. 2021.** Ecological and human health risk assessment of trace element pollution in sediments and five important commercial fishes of the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin* 173(4), 112962.
- Shiry N., Derakhshesh N., Gholamhosseini A., Pouladi M. Faggio C. 2021.** Heavy metal concentrations in *Cynoglossus arel* (Bloch & Schneider, 1801) and sediment in the Chabahar Bay, Iran. *International Journal of Environmental Research* 15(5), 773-784.
- Vajargah M.F. 2021.** A Review on the Effects of Heavy Metals on Aquatic Animals. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences* 9, 865-869.
- Vareda J.P., Valente A.J., Durães L. 2019.** Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review. *Journal of Environment Management* 246, 101-118.
- Yilmaz A.B., Yanar A., Alkan E.N. 2017.** Review of heavy metal accumulation on aquatic environment in Northern East Mediterranean Sea part I: some essential metals. *Reviews on Environmental Health* 32(1-2), 119-163.
- Zeng Z., Ma Y., Wang X., Chen C.T., Yin X., Zhang S., Zhang J., Jiang W. 2016.** Elemental compositions of crab and snail shells from the Kueishantao hydrothermal field in the southwestern Okinawa Trough. *Journal of Marine Systems* 180, 90-101
- Zhang M., Sun X., Xu J. 2020.** Heavy metal pollution in the East China Sea: A review. *Marine Pollution Bulletin* 159, 111473.
- Zhuang W., Gao X. 2014.** Integrated Assessment of Heavy Metal Pollution in the Surface Sediments of the Laizhou Bay and the Coastal Waters of the Zhangzi Island, China: Comparison among Typical Marine Sediment Quality Indices. *PLoS ONE* 9(4), e94145.

Bioaccumulation of heavy metals zinc, copper, and iron in the sediment, carapace, and muscle tissue of the crab *Thalamita crenata* (Rüppell, 1830) in the coasts of Chabahar Bay

Arezoo Azadikhah, Mehran Loghmani*, Mohammad Mansour Tootooni

Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar University of Maritime and Marine Sciences, Chabahar, Iran.

*Corresponding author: loghmani.mehran@gmail.com

Received: 15.May.2024

Accepted: 8.July.2024

Abstract

The aim of this work was to investigate the accumulation of iron, zinc, and copper heavy metals in the sediments and muscle tissue and shell of the crab *Thalamita crenata* in Chabahar Bay from two stations of Tis and Konarak, by sampling 40 crab samples (male and female). Samples were collected in 2022 and transferred to the laboratory, after biometrics and sample preparation; the concentration of heavy metals was measured by an atomic absorption spectrometer. The results showed that the pattern of accumulation of heavy metals in the muscle tissue and shell is zinc>iron>copper. However, in the sediment, it was as iron>zinc>copper. The concentration of heavy metals in the muscle tissue was significantly higher than in the shell ($P<0.05$). Also, the concentration of heavy metals in the muscle tissue of females was significantly higher than that of males (except for iron in Tis station). There was no significant difference in the concentration of metals between males and females in the shell ($P<0.05$). The accumulation of heavy metals in crabs and sediments of Konarak station was higher than that of Tis station (except for iron in the muscle of Tis station). According to the results, there was a significant positive correlation between the accumulation of metals in the muscle tissue and crab shell, but no significant correlation was observed between the concentration of metals in the sediment and the tissue and shell. In the current study, the bioaccumulation results of heavy metals in sediment showed that the concentration of heavy metals in the sediment of Konarak station was higher than that of Tis station. The accumulation of heavy metals in crab organs depends on the physiological role of the organs. Based on the results, there was a difference between male and female crabs in terms of heavy metal accumulation that has been mainly attributed to differences in diet or differences in habitat. Comparing the concentration of metals in the muscle tissue of *T. crenata* of the study area with the international standards showed that the concentration of each metal, copper, is higher than the international standards, and iron is close to the WHO standard. Therefore, *T. crenata* crab of the studied area is dangerous for consumers in terms of copper and iron.

Keywords: Heavy metals, Crab, *Thalamita crenata*, Chabahar Bay, Pollutant