(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

ارزیابی تغییرات غلظت فلزات سنگین در رسوب، بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح (*Ocypode saratan*) در پیش مانسون و پس مانسون تابستانه

- **مهران لقمانی***: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، بندرچابهار، ایران
- **زهره سلطانی**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، بندرچابهار، ایران
- **صفورا مشهدی**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، بندرچابهار، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی و مقایسه تجمع فلزات مس و روی و کادمیوم در رسوب، بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح (*Ocypode saratan*) در دو بازه زمانی (قبل و بعد از مانسون) در دو خلیج چابهار و گواتر در سال ۱۳۹۸ انجام شد. تعداد ٦۰ نمونه خرچنگ بیومتری و سنجش فلز در عضله و پوسته آن‌ها انجام گردید. الگوی تجمع فلزات در هر دو بافت و در هر دو دوره به‌صورت Zn>Cu>Cd به‌دست آمد. بیش‌ترین غلظت فلز با ٤/٥۰±۹۹/۳۹ مربوط به فلز روی در پیش مانسون و کم‌ترین غلظت هم مربوط به کادمیوم با ۰/۰۰۷±۰/۰۱٦ میکروگرم برگرم وزن خشک در پس مانسون در عضله بوده‌اند. در حالت کلی، مقایسه غلظت فلزات بین دو فصل در بافت عضله، پوسته و رسوب نشان داد که غلظت فلزات در بافت عضله و پوسته در فصل پیش مانسون به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از پس مانسون بود (p<۰/۰۵). به‌جز برای فلز مس در بافت عضله که نتایج نشان داد به‌میزان کمی غلظت فلز مس در عضله پس مانسون بیش‌تر از پیش مانسون بود. در رسوب، غلظت فلز مس و روی در فصل پس مانسون بالاتر از پیش مانسون به‌دست آمد (p<۰/۰۵). اما غلظت کادمیوم با تفاوت ناچیزی در پیش مانسون بالاتر از پس مانسون بود (p>۰/۰۵). هم‌چنین، مشخص شد که غلظت فلزات در جنگل‌های حرای گواتر بالاتر از چابهار بوده است (p<۰/۰۵). مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله با استانداردهای FAO,MAFF,FDA,WHO و NHMRC نشان داد که فلز روی از سه استاندارد FAO,MAFF,FDA بالاتر بوده است. اما فلز کادمیوم پایین‌تر از مقادیر استاندارد به‌دست آمد. طبق گزارشات، فلزات مس و روی دارای مقادیر بیش از حد مجاز بودند که برای سلامت موجود و در نتیجه، زنجیره غذایی و انسان نگران‌کننده است و باید اقدامات لازم جهت کنترل انجام شود. برای رسوبات، استانداردهای کیفیت رسوب آمریکا و کانادا نشان داد که غلظت فلزات در رسوب مطالعه حاضر پایین‌تر از حد استانداردهای کیفیت رسوب می‌باشند. بنابراین، فلزات مورد مطالعه در رسوبات مناطق مورد مطالعه تهدیدی برای موجودات آن مناطق نیستند.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، خلیج چابهار، خلیج گواتر، مانسون، *Ocypode saratan*، خرچنگ شبح

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Loghmani.mehran@gmail.com

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

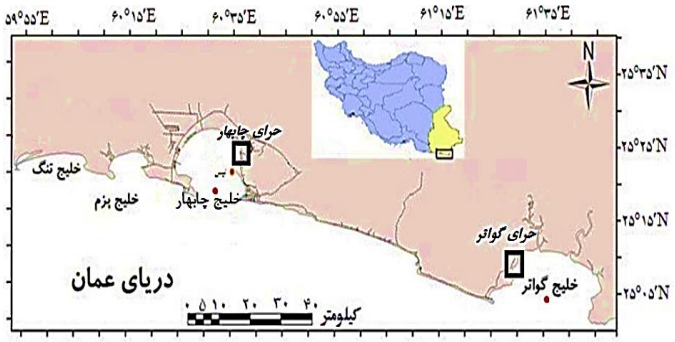
مقدمه

فلزات سنگین در محیط‌های دریایی از دو منبع طبیعی و انسانی منشأ می‌گیرند. یکی از پدیده‌های طبیعی تأثیرگذار بر غلظت فلزات سنگین پدیده مانسون است. مانسون با افزایش بارندگی و آبشویی سواحل و برهم زدن لایه‌های آب می‌تواند بر غلظت عناصر اثر داشته باشد و هم‌چنین فعالیت‌های انسانی مانند دفع فاضلاب‌ها، کشتیرانی، استفاده از سوخت‌های فسیلی و ... نیز می‌توانند موجب ورود عناصر سنگین به محیط زیست دریایی شوند (صفاهیه و همکاران، ۱۳۹۲). این آلاینده‌ها پس از ورود به محیط‌های آبی به ترکیبات آلی معلق متصل شده و سرانجام به رسوبات منتقل شده ته‌نشین می‌شوند و با غلظت‌های بالایی در این بخش تجمع می‌یابند. خرچنگ‌ها باتوجه به تغذیه پوده‌خواری می‌توانند از طریق تغذیه و پوسته به‌دلیل تماس با آب هر دو دسته عناصر ضروری و غیرضروری را از رسوبات و آب دریافت کنند(Abdul-Wahab و Jupp، ۲۰۰۹). فلزات سنگینی نظیر سرب و جیوه هیچ‌گونه نقش شناخته شده‌ای در بدن جانداران نداشته و غیرضروری به‌شمار می‌آیند و گروهی دیگر مانند روی و مس، جز فلزات ضروری محسوب می‌شوند و به‌مقدار جزیی برای موجودات‌زنده حیاتی است. برای مثال، غلظت‌های بالایی از مس در ساختار رنگدانه هموسیانین در سخت‌پوستان (ده‌پایان)، شکم‌پایان و سرپایان دیده می‌شوند (لقمانی و همکاران، ۱۳۹۶). فلز روی نیز به‌عنوان کوفاکتور در بیش‌از ۲۰۰ متالوآنزیم و یک عامل کاربردی پروتئین فاکتور رونویسی که به بیان و تنظیم ژن کمک می‌کند نقش دارد (Saeedi و همکاران، ۲۰۰۸). علاوه بر این، روی نیز نقش مهمی در سیستم عصبی و سیستم ایمنی بدن، در سوخت و ساز بهینه ویتامین A و آهکی شدن استخوان دارد (Davis و Lawren، ۱۹۹۳). فلزات سنگین به‌دلیل سمیت، پایداری و عدم تجزیه بیولوژیکی، درطول زمان در بافت‌های مختلف سخت‌پوستان ازجمله خرچنگ‌ها تجمع می‌یابند (Ikem و Egiebor، ۲۰۰۵). میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در خرچنگ شبح، عمدتاً به غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب و مدت زمان ماندگاری آبزی در محیط آبی و نوع عنصر، گونه و فیزیولوژی بدن وابسته است. اگرچه برخی از عوامل محیطی دیگر مانند شوری، pH، سختی و دما در تجمع فلزات نقش به‌سزایی دارند. در بسیاری از موارد تغذیه دیگر موجودات از این آبزیان باعث انتقال این فلزات از موجودی به موجود دیگر در طول زنجیره غذایی و منجربه بزرگ‌نمایی زیستی، گسترش آلایندگی به سطوح بالاتر و بالاخره به انسان که در رأس زنجیره‌های غذایی قرار دارد، انتقال یافته و سلامتی را تهدید می‌نماید (Zhou و همکاران، ۲۰۰۷). خرچنگ شبح دارای ارزش اقتصادی (خوراکی و درمانی) بوده و هم‌چنین، در صنایع مختلفی از قبیل صنایع غذایی،بهداشتی-آرایشی،کاغذسازی،استخراج ترکیبات کیتین و کیتوزان از پوسته خرچنگ و در عکاسی و پوشش‌های حفاظتی در بخش‌های نانوتکنولوژی کاربرد دارد(Richmond، ۱۹۹۷). هم‌چنین، در برخی از کشورها نظیر فلیپین و تایلند با ساخت هتل‌ها و اماکن تفریحی اقدام به جلب توریست و ارائه آن در رستوران کرده‌اند (Burggren و McMahon، ۱۹۸۸). پدیده مانسون تحت تأثیر تغییرات دمایی بخش مرکزی قاره آسیا و اقیانوس هند به‌وجود آمده و منطقه هند تا بخش‌هایی از دریای عمان و تنگه هرمز را تحت‌تأثیر خود قرار می‌دهد. این پدیده سالانه در یک‌دوره زمانی خاص خرداد تا شهریور تغییرات شدیدی را در اکوسیستم خلیج چابهار ایجاد می‌کند و نیز، روند روبه‌رشد فعالیت‌های مختلف در سواحل جزر و مدی، باعث شده که خلیج چابهار در معرض آلودگی‌های مختلف قرار بگیرد.از مهم‌ترین این منابع آلودگی می‌توان به تردد شناورها، دفع و تخلیه فضولات از کشتی، فاضلاب ناشی از صنایع مستقر در منطقه و پساب‌های کشاورزی، تبادل آلودگی‌ها از طریق جریان‌های دریایی خلیج فارس و دریای عمان وآلودگی ناشی از لایروبی و دفع فضولات ناشی از آن اشاره کرد(امینی‌رنجبر و میرکی، ۱۳۸۵). این عوامل می‌توانند غلظت فلزات سنگین را در موجودات زنده ازجمله خرچنگ‌ها تغییر دهند و با تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیک و حیاتی موجودات زنده ایجاد سمیت کنند(Mance، ۲۰۱۲). از این‌رو، بررسی غلظت فلزات سنگین در محیط‌هایی که تحت تأثیر این پدیده قرار می‌گیرند، ضروری به نظر می‌رسد. از مطالعات انجام شده در این مورد می‌توان به مطالعات دادور و همکاران(۱۳۹۲) درباره غلظت فلزات سنگین در بافت آبشش و ماهیچه خرچنگ شبح در سواحل چابهار، طبیب‌زاده و ولایت‌زاده (۱۳۹۵) روی غلظت عناصر ضروری و غیرضروری در عضله، پوسته و هپاتوپانکراس خرچنگ گرد *Potamon persicum* رودخانه کاکا رضا در استان لرستان، اعتمادی و همکاران (۱۳۹۱) در مورد تاثیر پدیده مانسون بر خرچنگ‌های خانواده Ocypodidae در مناطق جزر و مدی دریای عمان، استان هرمزگان، صفاهیه و همکاران (۱۳۹۲) و لقمانی و همکاران (۱۳۹۶) تنها روی تاثیر پدیده مانسون بر غلظت فلزات سنگین در رسوبات خلیج چابهار، Pan و همکاران(۲۰۰۶)روی غلظت کادمیوم در آبشش و کبد خرچنگ *Charybdis japonica* در سواحل چین و هم‌چنین، مطالعه Vasanthi و همکاران (۲۰۱۴) در ارتباط با غلظت فلزات سنگین درکبد و عضله خرچنگ *Scylla serrata* در دریاچه Pulicat در شمال چین، اشاره کرد. هدف از انجام این تحقیق، مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت‌عضله، رسوب و پوسته خرچنگ شبح در ایستگاه‌های مختلف در طی دو دوره پیش مانسون و بعد از مانسون در پهنه جزر و مدی جنگل‌های حرای چابهار و گواتر در جنوب سیستان بلوچستان (شمال دریای مکران) است.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

مواد و روش‌ها

خلیج چابهار در جنوبی‌ترین بخش استان سیستان و بلوچستان قرار داشته که در شرق به بندرچابهار و از غرب به دماغه کنارک محدود می‌شود و دارای مساحتی حدود ۳۲۰ کیلومترمربع با میانگین عمق ۶ متر بوده که در عمیق‌ترین بخش آن در دهانه ۲۱-۱۵ متر است. این خلیج در محدوده طول جغرافیایی "۲۵ ´۳۰ °۶۰ و ″۳۲ ´۴۵ °۶۰ و عرض جغرافیایی ″۱۷ ´۱۵ °۲۵ و "۰۸ ′۲۶ °۲۵ واقع گردیده است.



شکل۱: موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری در شمال دریای مکران(جنوب سیستان و بلوچستان) (دادور و همکاران، ۱۳۹۲)

دو منطقه مورد مطالعه شامل جنگل‌های حرای خلیج گواتر و خلیج چابهار (ساحل تیس) است. جهت بررسی غلظت عناصر مس، روی و کادمیوم در بافت عضله و پوسته، از هر ایستگاه تعداد ۳۰ نمونه خرچنگ به‌صورت دستی در اردیبهشت (قبل از مانسون) و مهرماه (بعد از مانسون) ۱۳۹۸ به‌صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری شد (N=۶۰). نمونه‌ها با آب همان منطقه شسته شد و درون ظروف یونولیت یخ قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انتقال نمونه‌ها با آب دیونیزه کاملاً شستشو گردید. پس از گذشت زمان کافی برای خروج آب اضافه نمونه‌ها کدگذاری و سپس بیومتری شد. طول کل و وزن کل نمونه‌ها توسط کولیس معمولی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. خرچنگ‌ها توسط آب دیونیزه شسته و کالبدشکافی شدند و بافت عضله جدا شد. ۵ گرم بافت توسط آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، خشک و سپس، با هاون چینی پودر شده و عمل هضم شیمیایی توسط ۶ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ، به‌ازای یک گرم پودر از هر بافت انجام شد (Yilmaz، ۲۰۰۳). 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 سانتی‌گراد به‌مدت ۵ ساعت استفاده می شود. پس از اتمام عمل هضم، نمونه‌ها در معرض گرما قرار می‌گرفته و قبل از این‌که به‌طور کامل خشک شوند از روی پلیت داغ برداشته می‌شوند. 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 (Yilmaz، ۲۰۰۳). جهت اندازه‌گیری فلزات در نمونه‌های حاصل از هضم شیمیایی از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (Varian AA۲۰۰) استفاده شد که سیستم شعله آن برای اندازه‌گیری مس و روی و سیستم کوره گرافیتی برای اندازه‌گیری کادمیوم به‌کار برده شد. لازم به ذکر است که تمامی محلول‌های استاندارد مصرفی بسته به نوع فلز مورد آنالیز، از استاندارد مادر (Merck) آلمان با غلظت ۱۰۰۰ قسمت در میلیون تهیه می‌شود. برای آماده‌سازی رسوب، ابتدا رسوبات در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از رسیدن به وزن ثابت در هاون چینی کاملاً پودر شده و سپس از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند. یک گرم از رسوبات الک شده به‌داخل لوله‌های مخصوص هضم فلزات که قبلاً به‌طور کامل و به‌دقت اسیدشویی (اسیدنیتریک ۱۰درصد) شده و در آون خشک شده بودند، منتقل گردید. به رسوب در داخل لوله‌های مخصوص ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ (HNO_3) و اسیدپرکلریک غلیظ ۶۰٪ ($HCLO_4$) به نسبت ۴:۱ افزوده شد. لوله‌ها برای مدت یک‌ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس، به هات پلیت منتقل و برای هضم کامل به‌مدت ۳ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. محلول هضم شده بعد از خنک شدن به بالن ژوژه منتقل گردید و با آب دوبار تقطیر به حجم ۴۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در پایان محلول را از کاغذ واتمن ۴۲ عبور داده و محلول فیلتر شده برای سنجش به دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی انتقال داده شد (Yap و همکاران، ۲۰۰۲). در این بررسی تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون نرمالیتی کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. به‌علت پراکندگی بالای نتایج، داده‌ها غیرنرمال بودند و برای بررسی معنی‌داری بین دو فصل از آزمون من ویتنی استفاده شد.

نتایج

زیست‌سنجی خرچنگ شبح: نتایج حاصل از زیست‌سنجی طول و عرض کاراپاس و وزن کل نمونه‌های خرچنگ شبح ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو فصل پیش‌مانسون و پس‌مانسون در جدول ۱ ارائه شده است. طبق نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین طول، عرض و وزن کل نمونه‌ها در فصل پس‌مانسون برای خرچنگ‌های ایستگاه گواتر ثبت شد.

بررسی تجمع زیستی فلزات در بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح جنگل‌های حرای گواتر: طبق نتایج غلظت فلز روی در هر دو فصل و هر دو بافت مورد مطالعه ایستگاه گواتر به‌طور معنی‌داری بالاتر

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

از دو فلز مس و کادمیوم بود (جدول ۲). کم‌ترین میزان نیز برای فلز کادمیوم گزارش شد. نتایج حاصل از مقادیر فلزات نشان داد که فلز روی در هر دو بافت، در فصل پیش مانسون بالاتر از پس مانسون‌بود. اما دو فلز مس و کادمیوم میزان آن‌ها درفصل پس‌مانسون بیش‌تر از پیش مانسون به‌دست آمد. براساس آزمون من‌ویتنی هر سه فلز در بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح ایستگاه گواتر دارای اختلاف آماری معنی‌داری بین دو فصل پیش و پس مانسون بودند (P<۰/۰۵).

جدول ۱: میانگین (± انحراف معیار) فاکتورهای زیست‌سنجی شده خرچنگ شبح در مناطق نمونه‌برداری در دو فصل پیش مانسون و پس مانسون

فاکتور	حرای تیس		حرای گواتر	
	پیش مانسون	پس مانسون	پیش مانسون	پس مانسون
طول کاراپاس (سانتی‌متر)	۱/۳۴±۰/۲۲	۲/۵۵±۰/۴۲	۳/۵۴±۰/۹۳	۵/۲۵±۰/۱۷
عرض کاراپاس (سانتی‌متر)	۱/۱۲±۰/۱	۲/۳۲±۰/۴۱	۳/۱۴±۰/۷۱	۵±۰/۱۷
وزن (گرم)	۰/۸۶±۰/۴۱	۷±۳/۸۰	۱۹/۵۶±۱۴/۴	۵۱/۸۱±۶/۵۴

جدول ۲: مقایسه میانگین غلظت فلزات (± انحراف معیار) در بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح جنگل حرای گواتر در پیش و پس مانسون (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

فلز	عضله		پوسته	
	پیش مانسون	پس مانسون	پیش مانسون	پس مانسون
روی	۱۸۰/۴۲±۱۱/۷ [a]	۱۲۸/۷۰±۳/۲۲ [b]	۴۷/۸±۱۸/۳۵ [a]	۱۸/۸۸±۲/۲۴ [b]
مس	۳۳/۵۶±۱/۶۶ [a]	۴۱/۰۷±۱/۴۸ [b]	۱۲/۵۹±۰/۱۶ [a]	۱۹/۵۲±۲/۰۷ [b]
کادمیوم	۰/۰۲۶±۰/۰۰۰۵ [a]	۰/۰۳۶±۰/۰۰۳ [b]	۰/۰۱۷±۰/۰۰۶ [a]	۰/۰۶۵±۰/۰۰۶ [b]

حروف همسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.

بررسی تجمع زیستی فلزات در بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح جنگل‌های حرای چابهار: نتایج حاصل از میزان تجمع زیستی فلزات در دو بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح پیش مانسون و پس مانسون در جدول ۳ نشان داده‌شده است. طبق بررسی‌های انجام شده غلظت هر سه فلز ایستگاه چابهار در فصل پیش مانسون بالاتر از فصل پس مانسون بود. هم‌چنین، در هر دو فصل بیش‌ترین میزان برای فلز روی و کم‌ترین میزان برای فلز کادمیوم گزارش شد. آزمون من-ویتنی نشان داد که در بافت عضله پوسته خرچنگ شبح ایستگاه چابهار هر سه فلز در هر دو فصل پیش مانسون و پس مانسون با یکدیگر دارای اختلاف آماری معنی‌داری بودند(P<۰/۰۵). اما، فلز کادمیوم در هر دو بافت بین دو فصل فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (P>۰/۰۵).

جدول ۳: مقایسه میانگین غلظت فلزات (± انحراف معیار) در بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح جنگل حرای چابهار در پیش و پس مانسون (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

فلز	عضله		پوسته	
	پیش مانسون	پس مانسون	پیش مانسون	پس مانسون
روی	۹۹/۳۹±۴/۵۰ [a]	۷۳/۳۳±۶/۹۴ [b]	۸۹/۷±۳۴/۹ [a]	۲۰/۲۷±۰/۹ [b]
مس	۲۴/۲۱±۰/۷۲ [a]	۲۰/۱۴±۰/۳ [b]	۲۶/۱۶±۳/۷۶ [a]	۱۲/۹۲±۰/۴۷ [b]
کادمیوم	۰/۰۶±۰/۰۰۳ [a]	۰/۰۱۶±۰/۰۰۷ [a]	۰/۱۳±۰/۰۰۳ [a]	۰/۰۱۷±۰/۰۰۴ [a]

حروف همسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.

بررسی تجمع زیستی فلزات در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه: نتایج اندازه‌گیری میزان تجمع زیستی فلزات در رسوبات دو ایستگاه بین دو فصل پیش‌مانسون و پس مانسون در جدول ۴ ارائه شده است. بررسی‌های حاصل نشان داد که در ایستگاه چابهار غلظت فلزات کادمیوم و روی در فصل پیش مانسون بالاتر از پس مانسون بود. اما، میزان فلز مس در فصل پس مانسون از فصل پیش مانسون بالاتر بود. در ایستگاه گواتر نتایج غلظت فلزات نشان داد که میزان فلز روی و مس در فصل پس مانسون بالاتر از پیش مانسون بود اما غلظت فلز کادمیوم در فصل پیش مانسون بالاتر از فصل پس مانسون بود. هم‌چنین، در رسوبات نیز بیش‌ترین میزان برای فلز روی و کم‌ترین میزان برای فلز کادمیوم گزارش شد. آزمون من ویتنی نشان داد که در رسوبات جنگل‌های حرای گواتر و چابهار دو فلز مس و روی بین دو فصل‌دارای اختلاف‌آماری معنی‌دار بودند(P<۰/۰۵).اما فلز کادمیوم درهر دو ایستگاه‌بین‌دوفصل‌فاقداختلاف‌آماری‌معنی‌داربود(P>۰/۰۵).

همبستگی میان غلظت فلزات در بافت عضله، پوسته با غلظت فلزات رسوب: طبق آزمون پیرسون همبستگی بین بافت‌ها به‌صورت جدا با رسوب بررسی شد و داده‌هایی که ضریب همبستگی آن‌ها بالای ۰/۶ بود دارای همبستگی قوی بودند (جداول ۵

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

و ۶). طبق آزمون مشخص شد که فلز مس در بافت عضله با فلز مس در رسوب همبستگی‌قوی و معنی‌داری دارد. هم‌چنین، فلز روی پوسته با فلز کادمیوم رسوب نیز دارای همبستگی قوی و معنی‌داری بود. داده‌های دیگر هیچ‌گونه همبستگی با یکدیگر نداشتند.

جدول ۴: مقایسه میانگین غلظت فلزات (± انحراف معیار) در رسوبات جنگل حرااای گواتر و چابهار در پیش و پس مانسون (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

فلز	حرای تیس		حرای گواتر	
	پیش مانسون	پس مانسون	پیش مانسون	پس مانسون
روی	۷۲/۶۹±۵۱/۳۵^{a}	۱۶/۶۹±۰/۹۳^{b}	۵۰/۳۰±۲۵/۶۳^{a}	۱۴۴/۳۴±۴۴/۲۱^{b}
مس	۳/۷۳±۱ ^{a}	۶/۵۵±۰/۲۸^{b}	۸/۸۲±۰/۱^{a}	۱۳/۴۶±۰/۵۸^{b}
کادمیوم	۰/۰۵±۰/۰۰۷^{a}	۰/۰۴۲±۰/۰۰۷^{a}	۰/۰۵±۰/۰۰۷^{a}	۰/۰۲۸±۰/۰۰۰۹^{a}

حروف همسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.

جدول ۵: همبستگی میان غلظت فلزات سنگین در رسوبات با غلظت فلزات تجمع یافته در بافت عضله خرچنگ شبح

رسوب عضله		روی	کادمیوم	مس
روی	ضریب همبستگی	۰/۰۷	۰/۲۸	۰/۱۷
	معنی‌داری	۰/۸۱	۰/۳۹	۰/۶۰
کادمیوم	ضریب همبستگی	۰/۵۵	۰/۰۱	-۰/۰۶
	معنی‌داری	۰/۰۸	۰/۹۵	۰/۸۴
مس	ضریب همبستگی	۰/۵۰	-۰/۳۹	۰/۷۲*
	معنی‌داری	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۰۱

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۶: همبستگی میان غلظت فلزات سنگین در رسوبات با غلظت فلزات تجمع یافته در پوسته خرچنگ شبح

رسوب پوسته		روی	کادمیوم	مس
روی	ضریب همبستگی	۰/۲۸	۰/۶۸*	-۰/۴۸
	معنی‌داری	۰/۳۹	۰/۰۱	۰/۱۲
کادمیوم	ضریب همبستگی	۰/۵۹	-۰/۰۳	-۰/۰۷
	معنی‌داری	۰/۰۵	۰/۹۱	۰/۸۳
مس	ضریب همبستگی	۰/۰۰۹	۰/۲۹	۰/۰۸
	معنی‌داری	۰/۹۷	۰/۳۷	۰/۸۰

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

بحث

داشتن اطلاعات کافی در رابطه با تجمع فلزات سنگین در آبزیان و رسوبات جهت مدیریت و کنترل آن‌ها برای جلوگیری از انتقال به زنجیره غذای دریایی و سلامت انسان ضروری هستند. آبزیان فلزات سنگین را از طریق آبشش، سطح بدن و توسط رژیم غذایی در بدن خود جمع می‌کنند. پوسته سخت خارجی در سخت‌پوستان محافظ موجودات جهت جذب مواد معدنی موجود در غذا است (طیب‌زاده و ولایت‌زاده، ۱۳۹۵).در مطالعه حاضر بافت عضله خرچنگ شبح به‌دلیل این‌که نقش مهمی در تغذیه و سلامت موجودات مصرف‌کننده دارد و پوسته آن به‌دلیل این‌که اولین بافت در معرض آلودگی است، به‌عنوان اندام‌های هدف قرار گرفتند. این مطالعه در فصل پیش و پس مانسون در جنگل‌های حرای منطقه گواتر و چابهار صورت گرفت. جنگل‌های حرادرواقع، زیستگاه و پروشگاه و پناهگاه آبزیان و جزء اکوسیستم‌های مهم و از نظر منابع غذایی، تنوع زیستی و وجود گونه‌های کمیاب در این مناطق دارای اهمیت زیاددی هستند و جزء مناطق حساس نسبت به آلاینده‌ها و پاکسازی‌آن‌ها هستند(Harris و Santos، ۲۰۰۰).به‌علت وجود مقادیر بالای مواد آلی در بستر این مناطق و وجود میزان زیاد رس، این مناطق محل مناسبی برای جذب فلزات سنگین هستند (زارع‌زاده و رضائی، ۱۳۹۵). به‌همین دلیل، مطالعه فلزات سنگین در این اکوسیستم‌های مهم آبزی جهت کنترل آن‌ها بسیار مهم است. خرچنگ‌ها در واقع، فلزات سنگین محلول در آب را از طریق پوسته و فلزات سنگین موجود در مواد غذایی را از طریق دستگاه گوارش خود جمع می‌کنند (Clark، ۱۹۹۲). در مطالعه حاضر، غلظت فلزات دارای نوسانات بسیار زیادی بودند. تجمع فلزات در بافت عضله بیش‌تر از پوسته خرچنگ شبح بود. الگوی تجمع فلزات در هر دو بافت مورد مطالعه شامل جنگل‌های حرای گواتر و چابهار در هر دو فصل پیش مانسون و پس مانسون به‌صورت Zn>Cu>Cd مشاهده شد. بنابراین، تجمع فلز روی در مطالعه حاضر در هر دو فصل و هر دو بافت بالاتر از فلزات دیگر گزارش شد. بررسی میانگین فلزات در دو ایستگاه به صورت جدا نشان داد که میزان فلزات روی و مس در هر دو ایستگاه در بافت عضله بالاتر از پوسته بود اما تجمع فلز کادمیوم در پوسته خرچنگ بالاتر از بافت عضله گزارش‌شد.هم‌چنین‌بررسی غلظت فلزات در دو ایستگاه نشان داد که مقادیر فلزات در بافت عضله و رسوب در ایستگاه گواتر بسیار بالاتر از چابهار بود. اما، مقادیر فلزات پوسته در چابهار بالاتر از ایستگاه گواتر گزارش شد. طبق این نتایج، جنگل‌های حرای گواتر از نظر تجمع فلزات، آلوده‌تر از جنگل‌های حرای چابهار

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

بود. در حالت کلی، مقایسه غلظت فلزات بین دو فصل در بافت عضله، پوسته و رسوب نشان داد که غلظت فلزات در بافت عضله و پوسته در فصل پیش مانسون بیش‌تر از پس مانسون بود. به‌جز برای فلز مس در بافت عضله که نتایج نشان داد به‌میزان کمی غلظت فلز مس در عضله پس مانسون بیش‌تر از پیش مانسون بود. در رسوب، غلظت فلز مس و روی در فصل پس مانسون بالاتر از پیش مانسون به‌دست آمد. اما کادمیوم با تفاوت ناچیزی در پیش‌مانسون بالاتر از پس مانسون حاصل شد. در مطالعه حاضر نوسانات فصلی زیادی در غلظت فلزات بافت عضله و پوسته خرچنگ شبح و رسوبات در دو ایستگاه مشاهده شد. مطالعه صورت گرفته توسط لقمانی (۱۳۹۵) در رابطه با غلظت فلزات در فصول مانسون نشان داد که در منطقه مورد مطالعه افزایش تلاش صیادی در فصل پیش مانسون یکی از دلایل تجمع بیش‌تر فلزات در این منطقه در فصل پیش مانسون می‌باشد. در فصل مانسون باران‌های شدید، وزش باد، گرد و غبار رخ می‌دهد (Rajani و همکاران، ۲۰۱۲). این جریانات بر روی دریای عمان تاثیر زیادی گذاشته و یکی از عوامل اصلی نوسانات در غلظت فلزات مطالعه حاضر است. هم‌چنین، در مطالعه صفاهیه و همکاران(۱۳۹۲) عنوان شده که علت افزایش غلظت فلزات‌در جنگل‌های مانگرو گواتر درفصل پیش‌مانسون به‌دلیل افزایش رواناب‌های رودخانه باهوکلات به این منطقه است. تغییرات فصلی در فلزات‌سنگین درسخت‌پوستان‌ممکن است‌متغیرتر‌ازماهی‌های دریایی باشد (Engel، ۱۹۸۷). نتایج مطالعه Firat و همکاران (۲۰۰۸) مشابه مطالعه حاضر نشان داد که غلظت فلزات مس، روی و کادمیوم در خرچنگ *Charybdis longicollis* به‌صورت فصلی بسیار متفاوت بود و بالاترین میزان در ماه تابستان بود. در مطالعه دیگری از Ayas و همکاران (۲۰۱۳) مشخص شد خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در شمال‌شرق مدیترانه که بررسی‌غلظت‌فلزات در ماه‌های مختلفی انجام شد دارای غلظت‌های متفاوتی از فلزات روی، مس در هرماه بود.

نتایج مطالعه Baki و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که نمونه‌های خرچنگ جزیره سن مارتین بنگلادش دارای میزان کادمیوم بیش‌تری نسبت به مطالعه حاضر بودند. الگوی تجمع فلزات در مطالعه مذکور مانند مطالعه حاضر بود و غلظت فلزات در مطالعه آن‌ها بالاتر از استانداردهای جهانی گزارش شد. نتایج مطالعه Ardianto و همکاران (۲۰۱۹) در مورد خرچنگ *Scylla sp.* مقادیر فلز کادمیوم با مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت. میزان تجمع فلزات مس و روی مطالعه Olgunoğl و Olgunoğl (۲۰۱۶) در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus segnis*) دریای مدیترانه شمال‌شرقی، خلیج مرسین بسیار بالاتر از مطالعه حاضر، اما، الگوی تجمع فلزات مطالعه مذکور مشابه مطالعه حاضر بود. در مطالعه مذکور مقادیر فلزات به‌جز فلزات سرب و کروم برای هر یک از فلزات دیگر حتی عناصر ضروری مس و روی بسیار بالاتر از حد مجاز استانداردهای جهانی بود و علت بالا بودن فلزات را پساب‌های شدید صنعتی‌و ترافیک دریایی بندر مرسین گزارش کردند. نتایج مطالعه Xu و همکاران(۲۰۱۶)روی خرچنگ‌نعل اسبی در خلیج Beibu، با مطالعه حاضر از نظر الگوی تجمع فلزات در بافت عضله و پوسته هم‌خوانی داشت. نتایج مطالعه Lakshman و همکاران (۲۰۱۵) بر روی کاراپاس و عضله خرچنگ‌های *Scylla serrata* و *Portunus pelagicus* در تالاب چلیکا سواحل خلیج هند، با فلز مس در مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت. اما، میزان فلز روی در مطالعه مذکور بسیار بالاتر بود. غلظت فلز مس در مطالعه Al-Khafaji و همکاران (۲۰۱۸) در عضله خرچنگ آبی(*Portunus pelagicus*) جنوب عراق بسیار بالاتر از فلز روی و هم‌چنین، مطالعه حاضر بود. میزان کادمیوم نیز نسبت به مطالعه حاضر بیش‌تر بود. نتایج مطالعه دادور و همکاران (۱۳۹۲) بر روی تجمع فلزات سنگین در خرچنگ روح سواحل خلیج چابهار، غلظت فلز کادمیوم در بافت ماهیچه با مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت و کم‌تر از استانداردهای بین‌المللی گزارش شد. مطالعات صورت گرفته توسط رضوی و همکاران (۱۳۹۱) و شیرالی و قطب‌الدین (۱۳۹۴) بر روی میگو به‌عنوان سخت‌پوست نشان داد که غلظت فلز روی و مس همانند مطالعه حاضر بالاتر از فلزات دیگر بود. هم‌چنین، مطالعات صورت گرفته توسط فاطمی و همکاران (۱۳۹۴) و تحقیق طیب‌زاده و ولایت‌زاده (۱۳۹۵) و هم‌چنین، تحقیق اجلالی و همکاران (۱۳۹۴) بر روی انواع خرچنگ‌ها، الگوی تجمع‌فلزات روی، مس و سرب همانند مطالعه حاضر بود. غلظت هر دو فلز مس و روی به‌دلیل این‌که جزو عناصر مغذی و ضروری برای متابولیسم در آبزیان هستند بیش‌تر از عناصر سمی مانند کادمیوم خواهد بود (Kurun و همکاران، ۲۰۱۰). فلزات غیرضروری هیچ نقش متابولیکی در سخت‌پوستان ندارند. به همین دلیل، حتی در مقادیر کم نیز سمی هستند. در مطالعه حاضر، فلز کادمیوم جزو فلزات غیرضروری و فلزات مس و روی در غلظت‌های مشخصی برای فعالیت‌های سلولی ضروری هستند. عناصر سمی مانند کادمیوم می‌توانند عملکرد آنزیم را مختل کرده و در نهایت، به روند طبیعی سوخت و ساز موجودات آسیب وارد کنند (Xiao و همکاران، ۲۰۱۱). فلزات غیرضروری هیچ‌گونه عملکرد متابولیسمی برای پوسته در سخت‌پوستان ندارند و میزان آن توسط جانور تنظیم نمی‌شود. بنابراین،مقدارکادمیوم در سخت‌پوستان می‌تواند به‌عنوان یک شاخص جهت تعیین غلظت سطح محیطی این فلز باشد. غلظت کادمیوم در خرچنگ شبح، منعکس‌کننده غلظت سطح محیطی آن است. سخت‌پوستان به‌طورکلی تنظیم‌کنندگان خوبی برای محتوای فلزات موجود در بافت‌های خود هستند (Çoğun و همکاران، ۲۰۱۷). فلز روی نقش مهمی در فعالیت‌های فیزیولوژیکی موجودات دارد و به

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

عنوان کاتالیزور عمل می‌کند. به‌همین دلیل، میزان آن نسبت به فلزات دیگر، حتی فلزات ضروری، بسیار بالاتر است (Adedeji و Okocha، ۲۰۱۱). در واقع، فلزات مس و روی از عناصر مهم کمکی برای تمامی موجودات زنده هستند. این دو فلز، نقش مهمی در حفظ متابولیسم طبیعی موجودات دارند و غلظت‌های بالای آن‌ها نسبت به فلزات دیگر نشان‌دهنده نیاز بدن به آن‌ها است. به‌همین دلیل، به‌میزان زیادی از محیط جذب می‌شوند. علاوه بر این، برخی از صدف‌ها و سخت‌پوستان، مانند خرچنگ‌ها از مس به‌عنوان سیستم انتقال اکسیژن در خون استفاده می‌کنند (Liang و همکاران، ۲۰۰۱). طبق نتایج مطالعات مختلف مشخص شد فلز روی، به‌دلیل این‌که جزو عناصر مهم برای رشد و متابولیسم موجودات زنده است، بیش‌ترین تجمع را در نمونه‌های خرچنگ در مقایسه با سایر فلزات دارا بوده است. ورودی‌های انسانی فلز روی در محیط از منابع صنعتی، پساب‌های کشاورزی و پساب‌های شهری ناشی می‌شود (Ismahene و El-Hadi، ۲۰۱۲).

Amoozadeh و همکاران (۲۰۱۴) در خلیج‌فارس نیز بیان کردند که تجمع فلزات سنگین به گونه مورد مطالعه، اندام و محل نمونه‌گیری بستگی دارد. محل زندگی و رشد سخت‌پوستان نیز یکی از موارد مهم در میزان تجمع فلزات سنگین در آن‌ها است (مرادی و سلگی، ۱۳۹۷). در مطالعه‌ای که در دریای عمان انجام شد مشخص شد، تجمع فلزات سنگین در موجودات مختلف بسته به گونه فرق می‌کند (جعفرزاده حقیقی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۳). تعدادی از مطالعات نشان داده‌اند که عوامل مختلفی ازجمله فصل، طول، وزن و وضعیت جسمی جانور و شرایط شیمیایی آب همه می‌توانند در تجمع بافتی فلزات نقش داشته باشند (Mitra و همکاران، ۲۰۱۲). طبق گزارش مرادی و سلگی (۱۳۹۷) در مورد خرچنگ شناگر آبی خلیج فارس، مشخص شد که خرچنگ مورد مطالعه، عناصر مهم روی و مس را نسبت به عناصر سمی به‌میزان بالاتری جذب می‌کند. نتایج مطالعه Ayas و Ozogul (۲۰۱۱) نشان داد که عضله خرچنگ *Callinectes sapidus* از خلیج مرسین، سرشار از فلزات روی و مس است. نتایج این تحقیق مشابه با نتایج یافت شده مطالعه حاضر بود. نتایج مطالعه جعفرزاده‌حقیقی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) نشان‌داد که کاراپاس خرچنگ محل مناسبی برای جذب فلز روی است. بیش‌ترین منبع فلز روی از فاضلاب‌های تخلیه‌شده صنایع به محیط آبی است (جعفرزاده‌حقیقی فرد و همکاران، ۱۳۹۳). منابع انسانی آلاینده مس در آب‌های ساحلی رنگ‌های ضدرسوبی هستند و این فلز از طریق پساب‌های صنعتی حاوی CuSO4 مورداستفاده در عملیات آبکاری فلزات و وسایل ماهیگیری وارد محیط آبی می‌شود (Mitra و همکاران، ۲۰۱۲). علت تفاوت در تجمع فلزات سنگین بافت‌های مختلف، معمولاً به‌دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت مناطق مختلف، رژیم غذایی متفاوت و تفاوت در منابع آلاینده است (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴). بافت‌ها و قسمت‌های مختلف بدن موجودات، فلزات سنگین را در غلظت‌های متفاوتی جمع می‌کنند. حتی در گونه‌های مختلف یک جنس نیز تجمع فلزات سنگین متفاوت است (Rainbow، ۲۰۰۲). علت تفاوت در غلظت فلزات سنگین مطالعه حاضر با مطالعات دیگر، معمولاً شرایط محیطی و جغرافیایی متفاوت، نحوه متفاوت دفع فاضلاب‌های شهری و صنعتی، گونه‌های مختلف، نوع بافت مورد مطالعه، نوع فلز، تفاوت در عادات تغذیه، جنسیت، سن، اندازه، شرایط متفاوت در سنجش و فعالیت‌های آزمایشگاهی، است (Rainbow، ۱۹۹۳).

مقایسه فلزات ایستگاه و مناطق مختلف رسوبات، نشان‌دهنده تنوع در منابع آلاینده‌ها است. رسوبات در واقع محل تجمع مناسبی برای فلزات سنگین هستند. به‌دلیل این‌که سخت‌پوستان بر روی رسوبات تغذیه می‌کنند، تجمع بیش‌تر فلزات در بافت‌های مختلف آن‌ها دیده می‌شود (شیرالی و قطب‌الدین، ۱۳۹۴). صنایع مختلف پتروشیمی، نفتی، تجهیزات کشتی، قایق‌ها و لنج‌ها و فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی و شهری از عوامل آلودگی رسوبات به فلزات سنگین هستند. در منطقه مورد مطالعه، صنایع نفتی و پتروشیمی وجود ندارد و علت آلودگی رسوبات توسط فلزات سنگین، بیش‌تر به‌دلیل تجهیزات و تعمیر لنج‌ها و قایق‌های صیادی، فاضلاب‌های شهری و کشاورزی است. مواردی چون سموم کشاورزی و مواد ضدزنگ برای کشتی و لنج‌ها که برای جلبک‌کشی استفاده می‌شوند، تخلیه مخازن سوختی و نفتی کشتی‌ها که حجم وسیعی از آلودگی‌ها را وارد سواحل کرده نیز جزء موارد آلوده‌کننده رسوبات هستند. هم‌چنین، تجمع فلزات در رسوب به ساختار شیمیایی، ریز و درشت بودن دانه‌های رسوبی، نرخ رسوب‌گذاری و شرایط فیزیکوشیمیایی آب بستگی دارد (Monikh و همکاران، ۲۰۱۳). تجمع آلاینده‌ها در رسوبات باعث انتقال آن‌ها به آبزیان کفزی شده و توسط آن‌ها به سطوح غذایی بالاتر منتقل می‌شوند. خرچنگ‌های ساکن رسوب، فلزات سنگین را در غلظت‌های زیاد جمع می‌کنند (USFDA، ۲۰۰۳). نتایج مطالعه Monikh و همکاران (۲۰۱۳) در خور موسی در رابطه با فلز کادمیوم و مس بالاتر از مطالعه حاضر بود. پژوهشی در خلیج فارس توسط Monikh (۲۰۱۲) نشان داد که میزان مس کم‌تر اما کادمیوم بیش‌تر از مطالعه حاضر بوده است. مطالعه حسینی و همکاران (۱۳۹۴) در رسوبات بوشهر مشخص کرد که میزان کادمیوم و مس بالاتر از مطالعه حاضر بود. مطالعه آبکنار و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که غلظت فلز مس و کادمیوم در خلیج گواتر و چابهار بالاتر از مطالعه حاضر بوده است. در مطالعه احسانی و همکاران (۱۳۹۴) تجمع فلزات مس و روی در هر دو بافت عضله و پوسته در مقایسه با مطالعه حاضر پایین‌تر بود. اما غلظت فلز کادمیوم مطالعه مذکور تقریباً با مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت. مطالعه بزی (۱۳۹۴) و لقمانی (۱۳۹۵)

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

درباره آلودگی رسوبات نشان داد که میزان فلز مس در رسوبات خلیج چابهار بسیار بالاتر از مطالعه حاضر بوده که به‌نظر می‌رسد به‌دلیل متفاوت‌بودن ایستگاه‌های مورد مطالعه باشد. مطالعه صفاهیه و همکاران (۱۳۹۲) در رابطه با فلز مس در رسوبات خلیج گواتر، مشخص شد که غلظت فلزات تحت تاثیر فرآیند مانسون قرار دارد و غلظت فلزات مس و روی در فصل پیش مانسون و مانسون بالاتر از پس مانسون بود و غلظت فلز کادمیوم بسیار پایین و فرآیند مانسون تاثیر چندانی بر تغییر غلظت این فلز نداشت. هم‌چنین، بیان کردند که منشا کادمیوم، مس و روی نمونه‌های رسوب خلیج گواتر از منشأ طبیعی خاک است. طبق مطالعات Agah و همکاران (۲۰۱۶) که غلظت رسوبات را در آب‌های خلیج چابهار بررسی کردند، مشخص شد که میزان روی در ایستگاه‌های مطالعه حاضر بسیار بالاتر از مطالعه مذکور و میزان مس در بیش‌تر ایستگاه‌های مورد مطالعه آن‌ها برابر با مطالعه حاضر بوده است. بالا بودن مقادیر مس و روی در رسوبات و آبزیان معمولاً بیش‌تر به‌دلیل ساختار ژئوشیمیایی مناطق می‌باشند (Gumgum و همکاران، ۱۹۹۴). هم‌چنین، تفاوت در نوع صنایع و آلاینده‌ها بین مناطق نیز از عوامل اختلاف غلظت فلزات بین آبزیان است (فاطمی و همکاران، ۱۳۹۴). عوامل دیگر مانند رشد، چرخه تولیدمثل و نوسانات فصلی نیز می‌توانند بر غلظت فلزات در آبزیان تأثیرگذار باشند (Saei-Dehkordi و همکاران، ۲۰۱۰). در جدول ۷ مقایسه غلظت فلزات مورد مطالعه در عضله سخت‌پوستان مختلف با مطالعه حاضر ارائه شده است. این مقایسه نشان داد که غلظت فلزات در مناطق مختلف با یکدیگر تفاوت دارند. مطالعات متعدد، علت تفاوت در تجمع زیستی فلزات را عوامل مختلفی مانند تفاوت طول و عرض جغرافیایی، شرایط متفاوت محیطی، تفاوت گونه‌ها و اثرات متفاوت فعالیت‌های انسانی در مناطق مورد مطالعه بیان کردند.

جدول۷: مقایسه غلظت فلزات بافت عضله سخت‌پوستان مطالعه حاضر با مطالعات دیگر (داخل کشور) (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

منطقه	گونه	روی	مس	کادمیوم	منبع
سواحل خلیج چابهار	میگوی سفید *Penaeus indicus*	---	۱۳/۱۳	۰/۰۳	لقمانی و همکاران، ۱۳۹۸
سواحل خلیج فارس (زمستان)	خرچنگ شناگر *Portunus plagicus*	---	---	۰/۰۲۱	اکاتی و همکاران، ۱۳۹۷
سواحل خلیج فارس (تابستان)	خرچنگ شناگر *Portunus plagicus*	---	---	۰/۰۰۹	اکاتی و همکاران، ۱۳۹۷
سواحل بوشهر	خرچنگ شناگر *Portunus plagicus*	۶۹/۵۱	۷۳/۲۱	---	مرادی و سلگی، ۱۳۹۷
سواحل دریای عمان	میگوی دریایی	۲/۶۱	---	۰/۰۴۲	غلامحسینی و همکاران، ۱۳۹۷
سواحل خلیج فارس	میگوی سفید *Metapenaeus affinis*	۲۳/۳۶	---	۰/۲۵۵	بهادری و قطب‌الدین، ۱۳۹۵
سواحل خلیج فارس (زمستان)	میگوی سفید *Metapenaeus affinis*	۱۲/۴۵	۱/۱	۰/۰۰۱	احسانی و همکاران، ۱۳۹۴
سواحل خلیج فارس (تابستان)	میگوی سفید *Metapenaeus affinis*	۳۸/۶۴	۳	۰/۰۱	احسانی و همکاران، ۱۳۹۴
سواحل چابهار	خرچنگ روح *Ocypode saratan*	---	---	۰/۰۷	دادور و همکاران، ۱۳۹۲
دریای مکران (پیش مانسون)	خرچنگ شبح *Ocypode saratan*	۸۶/۳۶	۲۲/۱۷	۰/۰۳۸	مطالعه حاضر
دریای مکران (پس مانسون)	خرچنگ شبح *Ocypode saratan*	۱۵۴/۵۶	۳۷/۳۲	۰/۰۳۱	مطالعه حاضر

مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله خرچنگ شبح منطقه مورد مطالعه با استانداردهای بین‌المللی نشان داد که غلظت فلز روی نسبت به تمامی استانداردها، به‌جز استاندارد NHMRC و WHO بسیار بالاتر بود. فلز مس نیز در غلظت بالاتر از مقادیر استاندارد گزارش شده است. اما فلز کادمیوم، پایین‌تر از تمامی استانداردها به‌دست آمد (جدول ۸). طبق گزارشات، فلزات مس و روی با وجود این‌که جزء عناصر ضروری برای موجودات و انسان است، مقدارشان بسیار بالاتر از حد استانداردهای جهانی به‌دست آمد که برای سلامت جانور، زنجیره غذایی و انسان نگران کننده است. بنابراین، باید اقدامات لازم جهت کنترل انجام شود. جدول ۹ مقایسه تجمع فلزات رسوبات در مطالعه حاضر با استانداردهای بین‌المللی رسوبات است. بررسی تجمع فلزات سنگین رسوبات با استانداردهای کیفیت رسوب آمریکا و کانادا نشان داد که غلظت رسوبات در مطالعه حاضر بسیار پایین‌تر از حد استانداردهای کیفیت رسوب می‌باشند. بنابراین، فلزات مورد مطالعه در رسوبات مناطق مورد مطالعه تهدیدی برای موجودات آن مناطق نیستند.

فلزات سنگین (مس، روی و سرب) در بافت‌های عضله و آبشش خرچنگ شبح در فصل پیش و پس مانسون در جنگل‌های حرای گواتر و چابهار بررسی شدند. در مطالعه حاضر، غلظت فلزات دارای نوسان بسیار زیادی بود. تجمع فلزات در بافت عضله بیش‌تر از پوسته خرچنگ شبح بود. الگوی تجمع فلزات در هر دو بافت مورد مطالعه در جنگل‌های حرای گواتر و چابهار و در هر دو فصل پیش مانسون و پس مانسون به‌صورت Zn>Cu>Cd مشاهده شد. بنابراین، تجمع فلز روی در مطالعه حاضر در هر دو فصل و هر دو بافت بالاتر از فلزات دیگر گزارش شد. بررسی میانگین فلزات در دو ایستگاه به‌صورت جداگانه نشان داد که میزان فلزات روی و مس در هر دو ایستگاه در بافت عضله بالاتر از پوسته‌بود. طبق این نتایج، جنگل‌های حرای گواتر از نظر تجمع فلزات، آلوده‌تر از جنگل‌های حرای چابهار بود.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

جدول ۸: مقایسه میزان فلزات سنگین در سخت‌پوستان با استانداردهای جهانی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

استاندارد	روی	مس	کادمیوم	منبع
FAO[1]	۳۰	۱۰	۰/۵۷	Shulkin و Persley، ۲۰۰۳
WHO [2]	۱۰۰۰	۱۰	۰/۲	Pourang و همکاران، ۲۰۰۴
FDA [3]	۴۰	۳۰	۱	Foreman، ۱۹۸۹
MAFF [4]	۵۰	۲۰	۰/۲	MAFF، ۱۹۹۵
NHMRC [5]	۱۵۰	۱۰	۲	Chen و Chen، ۲۰۰۱
	۱۲۰/۴۶	۲۹/۷۴	۰/۰۳۴	مطالعه حاضر

جدول ۹: مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات مطالعه حاضر با استانداردهای کیفیت رسوب برحسب میکروگرم برگرم وزن خشک (Wang و همکاران، ۲۰۱۲)

فلزات سنگین	کیفیت رسوب آمریکا[6] NOAA		کیفیت رسوب کانادا		مطالعه حاضر
	ERM [7]	ERL[8]	PEL[9]	TEL[10]	
روی	۴۱۰	۱۵۰	۳۱۵	۱۲۳	۷۱/۰۰۹
مس	۲۷۰	۳۴	۱۹۷	۳۵/۷	۸/۱۴۶
کادمیوم	۹/۶	۱/۲	۴/۲	۰/۷	۰/۰۴۴

به‌طورکلی، مقایسه غلظت فلزات بین دو فصل در بافت عضله، پوسته و رسوب نشان داد که غلظت فلزات در بافت عضله و پوسته در فصل پیش مانسون بیش‌تر از پس مانسون بود. در رسوب، غلظت فلز مس و روی در فصل پس مانسون بالاتر از پیش مانسون به‌دست آمد. مقایسه غلظت فلزات در بافت عضله خرچنگ شبح با استانداردهای بین‌المللی نشان داد که غلظت فلز روی نسبت به تمامی استانداردها به‌جز استاندارد NHMRC و WHO بسیار بالاتر بود.احتمالاًعلت نوسان زیاد غلظت فلزات در مطالعه حاضر، تصادفی بودن نمونه‌برداری است. به همین دلیل، براساس وزن، اندازه، جنسیت و فصول مختلف، غلظت فلزات مورد بررسی دارای نوسانات بسیار زیادی بودند.

منابع

۱. **آبکنار، ع.؛ یحیوی، م.؛ بحری، ا. و جعفریان، ح.، ۱۳۹۷.** مطالعه تجمع زیستی فلزات سنگین سرب، مس، جیوه و کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی(*Cynoglossus arel*) ، جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum illicifolium*)و رسوبات سطحی سواحل شمالی دریای عمان. نشریه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۱۱۵ تا ۱۲۸.

۲. **اجلالی، ا.؛ موسوی‌ندوشن، ر.؛ ماشینچیان، ع.؛ فاطمی، س.م. و مرتضوی، م.ص.، ۱۳۹۴.** مقایسه مکانی غلظت سرب در رسوبات و سه گروه از ماکروبنتوزها (خرچنگ‌ها، شکم‌پایان و دوکفه‌ای‌ها) در سواحل بندرعباس. مجله بوم‌شناسی آبزیان. دوره ۵، شماره ۱، صفحات ۶۹ تا ۷۶.

۳. **احسلنی، ج.؛ رومیانی، ل. و قبطانی، ع.، ۱۳۹۴.** بررسی میزان تجمع زیستی فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم و سرب) در پوست و عضله میگوی سفید بحرکان، شمال‌غرب خلیج فارس. مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۱۴، شماره ۲، صفحات ۸۵ تا ۹۵.

۴. **اعتمادی‌دیلمی، ا.؛ سواری، ا.؛ ولی‌نسب، ت. و سخایی، ن.، ۱۳۹۱.** شناسایی گونه‌ای و بررسی تاثیر پدیده مانسون بر خرچنگ‌های خانواده Ocypodidae (Brachyura : Decapoda) در مناطق جزر و مدی دریای عمان، استان هرمزگان. مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۱، شماره ۱۹، صفحات ۱۸ تا ۳۲.

[1] Food and Agriculture Organization
[2] World Health Organization
[3] Food and Drug Administration
[4] Ministry of Agriculture, Fisheries and Food
[5] National Health Medical Research Council
[6] National Oceanic and Atmospheric Administration
[7] Effects Range-Median
[8] Effects Range-Low
[9] Probable Effect Level
[10] Threshold EffectsLevel

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

۵. **اکاتی، ن.؛ امینی، م. و اعتمادی، ا.، ۱۳۹۷.** تجمع زیستی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب و نیکل) در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*). فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۱، شماره ۴، صفحات ۳۰۵ تا ۳۱۲.

۶. **امینی‌رنجبر، غ. و میرکی، غ.، ۱۳۸۵.** بررسی و شناخت میزان و نوع آلودگی‌های ساحلی دریای عمان در محدوده خلیج چابهار. جهاد دانشگاهی سیستان و بلوچستان. صفحات ۸ تا ۱۲.

۷. **امینی‌رنجبر، غ. و 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. دوره ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.

۸. **بزی، ع.، ۱۳۹۴.** تعیین سطح آلودگی رسوبات سطحی خلیج چابهار به فلزات سنگین. فصلنامه انجمن علمی بهداشت محیط ایران. دوره ۸، شماره ۱، صفحات ۴۵ تا ۵۶.

۹. **بهادری، گ. و قطب‌الدین، ن.، ۱۳۹۵.** سنجش غلظت فلزات سنگین (Ni, Cd, Zn, Pb) در عضله و هپاتوپانکراس میگوی سفید *Metapenaeus affinis* در شمال‌غرب خلیج فارس. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۸، شماره ۳، صفحات ۱۵۹ تا ۱۶۶.

۱۰. **جعفرزاده‌حقیقی‌فرد، ن.؛ منگلی‌زاده، ن.؛ تکدستان، ا. و دیناری، م.، ۱۳۹۳.** جذب فلز روی ($Zn2+$) از محلول‌های آبی به وسیله کیتین استخراجی از پوسته خرچنگ کاراپاس. علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۶، شماره ۱، صفحات ۵۲۹ تا ۵۴۲.

۱۱. **حسینی، م.؛ باقرنبوی، م.؛ گلشنی، ر.؛ نبوی، ن. و رئیسی سرآسیاب، ع.، ۱۳۹۴.** آلودگی فلزات سنگین (نیکل، مس، سرب، کادمیوم، کبالت) در رسوب و بافت‌های کبد و کفشک ماهی *Psettodes erumei* در استان بوشهر، خلیج فارس. مجله پژوهش‌های جانوری. دوره ۲۸، شماره ۴، صفحات ۴۴۱ تا ۴۴۹.

۱۲. **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 خلیج چابهار. مجله زیست‌شناسی دریا. دوره ۵، شماره ۱۹، صفحات ۴۵ تا ۵۵.

۱۳. **رضوی، س.م.ر.؛ وهاب‌زاده، ح.، زمینی، ع.ع.؛ عسکری‌ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۱.** اندازه‌گیری و مقایسه میزان فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در عضله و پوسته میگو سفید هندی در خلیج فارس. مجله آبزیان و شیلات. دوره ۳، شماره ۹، صفحات ۶۳ تا ۷۲.

۱۴. **زارع‌زاده، ر. و رضائی، پ.، ۱۳۹۵.** مطالعه تجمع فلزات سنگین در رسوبات بستر مانگرو، خور گابریک (جاسک). نشریه محیط زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران). دوره ۶۹، شمار ۱، صفحات ۶۱ تا ۷۸.

۱۵. **شیرالی، ب. و قطب‌الدین، ن.، ۱۳۹۴.** غلظت فلزات سنگین (Ni, Zn, Cd) در آبشش، عضله و هپاتوپانکراس میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) در سایت پرورش میگوی چوئبده آبادان. مجله زیست شناسی دریا. دوره ۷، شماره ۲۵، صفحات ۶۵ تا ۷۲.

۱۶. **صفاهیه، ع.؛ پاکزادتوچایی، س.؛ رونق، م.ت.؛ ارچنگی، ب. و حمزه، م.ع.، ۱۳۹۲.** مطالعه تاثیر پدیده مونسون بر تغییر غلظت فلزات سنگین Cd، Cu، Ni، Pb و Zn در رسوبات امتداد خلیج گواتر تا پزم. علوم و فنون دریایی. دوره ۳، شماره ۱۲، صفحات ۱۵ تا ۲۵.

۱۷. **طیب‌زاده، م. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۵.** تجمع زیستی عناصر سمی و ضروری در عضله و پوسته خرچنگ گرد (*Potamon persicum* Pretzmann,1962) رودخانه کاکارضا در استان لرستان. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۵، شماره ۲، صفحات ۲۰۳ تا ۲۱۲.

۱۸. **غلامحسینی، ا.؛ شیری، ن.؛ سلطانیان، س. و علی، م.، ۱۳۹۷.** ارزیابی خطر سلامت میگوهای صید شده از سواحل شمالی دریای عمان به برخی عناصر سنگین سمی. نشریه بهداشت مواد غذایی. دوره ۸، شماره ۴، صفحات ۴۹ تا ۶۵.

۱۹. **فاطمی، ف.؛ خرم‌نژادیان، ش. و شمسایی‌مهرجان، م.، ۱۳۹۴.** تجمع زیستی آرسنیک در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*). مجله زیست‌شناسی دریا. دوره ۶، شماره ۲۵، صفحات ۴۳ تا ۵۲.

۲۰. **لقمانی، م.، ۱۳۹۵.** بررسی تغییرات تراکم پرتاران زیرجز و مدی خلیج چابهار با تاکید بر نقش فلزات سنگین (مس و روی). مجله بوم‌شناسی آبزیان. دوره ۳، شماره ۶، صفحات ۱۰ تا ۱۲.

۲۱. **لقمانی، م.؛ سواری، ا.؛ دوست‌شناس، ب.؛ ارچنگی، ب. و کبیری، ک.، ۱۳۹۶.** بررسی تغییرات غلظت پروتئین متالوتیونین به‌عنوان یک نشانگر زیستی (بیومارکر) در کرم پرتار گونه *Glycinde bonhourei* تحت تاثیر پدیده مانسون و برخی فلزات سنگین (مس، روی و کادمیوم) در پهنه جزر و مدی خلیج چابهار. مجله پژوهش‌های جانوری. دوره ۴، شماره ۳۰، صفحات ۱۵ تا ۲۷.

۲۲. **لقمانی، م.؛ صادقی، پ. و جدگال، ن.، ۱۳۹۸.** بررسی تجمع فلزات سنگین (کادمیوم، مس، آهن، قلع، آرسنیک، سرب و جیوه) در بافت عضله میگوسفید هندی (*Penaeus indicus*) در بنادر بریس، گواتر و کنارک. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۸، شماره ۳، صفحات ۱۶۳ تا ۱۷۳.

۲۳. **مرادی، ز. و 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. مجله زیست‌شناسی جانوری تجربی. دوره ۷، شماره ۳، صفحات ۱۴۱ تا ۱۵۰.

۲۴. **Abdolahpur Monikh, F.; Safahieh, A.; Savari, A. and Doraghi, A., 2013.** Heavy metal concentration in sediment, benthic, benthopelagic, and pelagic fish species from Musa Estuary (Persian Gulf). Environ Monit Assess. Vol. 185, pp: 215-222.

۲۵. **Abdul-Wahab, S.A. and Jupp, B.P., 2009.** Levels of heavy metals in subtidal sediments in the vicinity of thermal power/desalination plants: a case study. Desalination. Vol. 244, No. 1-3, pp: 261-282.

۲۶. **Abtahi, B.; Ghodrati, S.M.; Esmaeili, S.A.; Rahnama, M.; Sharifpour, I.; Bahmani, M. and Halajian, A., 2007.** Concentration of some heavy metals in tissues of Stellate Sturgeon (*Acipenser stellatus*) in the South Caspian Sea. Environmental Sciences. Vol. 4, No. 3, pp: 77-84.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

semisulcatus from the Iskenderun Bay, Turkey. Environ Monit Assess. Vol. 147, pp: 117-123.

۴۳. **Foreman, S., 1989.** Loaves and Fishes: an illustrate history of the ministry of Agreculture, Fisheries and Food, 1st ed. London: HMSO; 1989.

۴۴. **Gümgüm, B.; Tez, Z. and Gülsün, Z., 1994.** Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris River in Turkey. Chemosphere. Vol. 29, No. 1, pp: 111-116.

۴۵. **Harris, R.R. and Santos, M.C.F., 2000.** Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs Ucides cordatus and *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda). Marine biology. Vol. 137, No. 4, pp: 691-703.

۴۶. **Ikem, A. and Egiebor, N.O., 2005.** Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). Journal of food composition and analysis. Vol. 18, No. 8, pp: 771-787.

۴۷. **Ismahene, G. and El-Hadi, K.M., 2012.** Assessment of heavy metal concentrations (lead, cadmium and zinc) in three Crustacean species fished for in two regions of eastern Algeria. Annals of Biological Research. Vol. 3, No. 6, pp: 2838-2842.

۴۸. **Kurun, A.; Balkıs, N.; Erkan, M.; Balkıs, H.; Aksu, A. and Erşan, M.S., 2010.** Total metal levels in crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), and surface sediments in Lake Terkos, Turkey. Environmental monitoring and assessment. Vol. 169, No. 1-4, pp: 385-395.

۴۹. **Lakshman, N.; Priyadarsini, P.M. and Das, S.S., 2015.** Bioaccumulation of trace metals in two species of crabs from Cchilika lagoon, east coast of India. Journal of Atmosphere. Vol. 1, No. 1, pp: 1-7.

۵۰. **Lawrence, C.E.; Altschul, S.F.; Boguski, M.S.; Liu, J.S.; Neuwald, A.F. and Wootton, J.C., 1993.** Detecting subtle sequence signals: A Gibbs sampling strategy for multiple alignment. Science. Vol. 262, No. 5131, pp: 208-214.

۵۱. **Liang, J.; Wang, J.; Su, Y.; Wang, D. and Yao, J., 2001.** Effects of metals on embryodevelopment of tachypleus tridentatus. Acta Ecologica Sinica. Vol. 21, No. 6, pp: 1009-1012.

۵۲. **MAFF. 1995.** Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993, Directorate of Fisheries Research, Lowestoft, Aquatic Environment Monitoring Report. No. 44.

۵۳. **Mance, G., 2012.** Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Springer Science & Business Media.

۵۴. **Mitra, A.; Barua, P.; Zaman, S. and Banerjee, K., 2012.** Analysis of trace metals in commercially important crustaceans collected from UNESCO protected world heritage site of Indian Sundarbans. Turkish journal of fisheries and aquatic science. Vol. 12, No. 1, pp: 53-66.

۵۵. **Monikh, F.A.; Peery, S.; Karami, O.; Hosseini, M.; Bastami, A.A. and Ghasemi, A.F., 2012.** Distribution of metals in the tissues of benthic, Euryglossa orientalis and Cynoglossus arel., and Bentho-Pelagic, Johnius belangerii., Fish from three estuaries, Persian Gulf. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 89, No. 3, pp: 489-494.

۵۶. **Monikh, F.A.; Safahieh, A.; Savari, A. and Doraghi, A., 2013.** Heavy metal concentration in sediment, benthic, benthopelagic, and pelagic fish species from Musa Estuary (Persian Gulf). Environmental monitoring and assessment. Vol. 185, No. 1, pp: 215-222.

۵۷. **Olgunoğlu, M.P. and Olgunoğlu, İ.A., 2016.** Heavy Metal Contents in Blue Swimming Crab from the Northeastern

۲۷. **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. Vol. 5, No. 6, pp: 1342-1345.

۲۸. **Agah, H.; Bastami, K.D. and Fumani, N.S., 2016.** Ecological risk, source and preliminary assessment of metals in the surface sediments of Chabahar Bay, Oman Sea. Marine pollution bulletin. Vol. 107, No. 1, pp: 383-388.

۲۹. **Al-Khafaji, K.K.; Al-Malki, G.M. and Karim, R.M., 2018.** Biochemical composition and heavy metal accumulation in tissues of the blue crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1766) from NW of Arabian Gulf, South Iraq. International Journal of Marine Science. Vol. 8, No. 17, pp: 146-150.

۳۰. **Amoozadeh, E.; Malek, M.; Rashidinejad, R.; Nabavi, S.; Karbassi, M.; Ghayoumi, R. and Sures, B., 2014.** Marine organisms as heavy metal bioindicators in the Persian Gulf and the Gulf of Oman. Environmental Science and Pollution Research. Vol. 21, No. 3, pp: 2386-2395.

۳۱. **Ardianto, N.; Prayogo, P. and Sahidu, A.M., 2019.** Analysis of Heavy Metal Cadmium (Cd) Content on Mud Crab (*Scylla sp.*) at Wonorejo River Surabaya. Omni Akuatika. Vol. 15, No. 1, pp: 75-80.

۳۲. **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. J Mar Biol Oceanogr. Vol. 2, No. 2, pp: 2-4.

۳۳. **Ayas, D. and Ozogul, Y., 2011.** The effects of sex and seasonality on the metal levels of different muscle tissues of mature Atlantic blue crabs (*Callinectes sapidus*) in Mersin Bay, north-eastern mediterranean. International journal of food science & technology. Vol. 46, No. 10, pp: 2030-2034.

۳۴. **Baki, M.A.; Hossain, M.M.; Akter, J.; Quraishi, S.B.; Shojib, M.F.H.; Ullah, A.A. and Khan, M.F., 2018.** Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh. Ecotoxicology and environmental safety. Vol. 159, pp: 153-163.

۳۵. **Burggren, W.W. and McMahon, B.R., 1988.** Biology of the land crabs. Cambridge University Press.

۳۶. **Chen, Y.C. and Chen, M.H., 2001.** Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters off Ann-Ping, S.W. Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis. Vol. 9, pp: 107-114.

۳۷. **Clark, R.B., 1992.** Oil pollution. Marine pollution. Vol. 3, pp: 28-49.

۳۸. **Çoğun, H.Y.; Firat, Ö.; Aytekin, T.; Firidin, G.; Varkal, H.; Temiz, Ö. and Kargin, F., 2017.** Heavy metals in the blue crab (*Callinectes sapidus*) in Mersin Bay, Turkey. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 98, No. 6, pp: 824-829.

۳۹. **Davis, D.A.; Lawrence, A.L. and Gatlin, D.M., 1993.** Evaluation of the dietary zinc requirement of Penaeus vannamei and effects of phytic acid on zinc and phosphorus bioavailability. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 24, No. 1, pp: 40-47.

۴۰. **Engel, D.W.; 1987**. Metal regulation and molting in the blue crab, Cal-linectes sapidus: copper, zinc, and metallothionein Biol. Bull. Vol. 172, pp: 69-82.

۴۱. **FDA. 2011.** Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. Department of health and human service public health food and drug administration center for food safety and applied nutrition of food safety. Fourth Edition. 476 p.

۴۲. **Firat, Ö.; Gök, G.; Çoğun, H.Y.; Yüzereroğlu, T.A. and Kargin, F., 2008.** Con-centrations of Cr, Cd, Cu, Zn and Fe in crab Charybdis longi-collis and shrimp *Penaeus*

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

Mediterranean Sea, Mersin Bay, Turkey. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 25, No. 5, pp: 2233-2237.

۵۸. **Pan, L.; Ren, J. and Wu, Z., 2004.** Effects of heavy metal ions on SOD, CAT activities of hepatopancreas and gill of the crab Eriocheir sinensis. Journal of Ocean University of China (Natural Science). Vol. 34, No. 2, pp: 189-194.

۵۹. **Pourang, N.; Dennis, J.H. and Ghourchian, H., 2004.** Tissue distribution and redistribution of trace elements in shrimp species with the emphasis on the roles of metallothionein. Ecotoxicology. Vol. 13, No. 6, pp: 519-533.

۶۰. **Rainbow, P.S., 1993.** The significance of trace metal concentration in marine invertebrates. In: Dallinger, R. and Rainbow, P.S., (Eds.), Eco-toxicology of Metals in Invertebrates. Lewis Publishers, Chelsea, USA. pp: 3-23.

۶۱. **Rainbow, P.S., 2002.** Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? Environ. Pollut. Vol. 120, pp: 497-507.

۶۲. **Rajani, S.; Firdaus, N.N.M.; Appukutty, A. and Ramasamy, N., 2012.** Effects of climate changes on dissolved heavy metal concentrations among Recreational park tributaries in Pahang, Malaysia. Biomed Res. Vol. 23, No. 1, pp: 23-30.

۶۳. **Richmond, M.D., 2002.** A field guide to the seashores of Eastern Africa and the Western Indian Ocean Islands.

۶۴. **Saei-Dehkordi, S.S.; Fallah, A.Z. and Nematollahi, A., 2010.** Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: influences of season and habitat. Food and chemical toxicology. Vol. 48, pp: 2945-2950.

۶۵. **Saeidi, M.; Abtahi, B.; Mortazavi, M.S.; Aghajeri, N. and Ghodrati, S.M., 2008.** Zinc concentration in tissues of spangled emperor (*Lethrinus nebulosus*) caught in northern part of the Persian Gulf. Environmental Sceicne. Vol. 5, No. 1, pp: 75-82.

۶۶. **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. Vol. 29, No. 4, pp: 493-502.

۶۷. **USFDA. 2003.** Guide for the control of molluscan shellfish. http://www.efsan.fda.gov.

۶۸. **Vasanthi, L.A.; Muruganandam, A.; Revathi, P.; Baskar, B.; Jayapriyan, K.; Baburajendran, R. and Munuswamy, N., 2014.** The application of histo-cytopathological biomarkers in the mud crab Scylla serrata (Forskal) to assess heavy metal toxicity in Pulicat Lake, Chennai. Marine Pollution Bulletin. Vol. 81, No. 1, pp: 85-93.

۶۹. **Wang, X.; Guo, Y.; Yang, L.; Han, M.; Zhao, J. and Cheng, X., 2012.** Nanomaterials as sorbents to remove heavy metal ions in wastewater treatment. J. Environ. Anal. Toxicol. Vol. 2, No. 7, pp: 154-158.

۷۰. **WHO. 1995.** Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Part 1 Implications for Policy Markers. 25 p.

۷۱. **Xiao, M.; Wang, S.; Bao, F.; Cui, F. and Kang, J., 2011.** Enrichment of heavy metals in economic aquatic animals in Huaihe River segment of Bengbu sampling points. Research of Environmental Sciences. Vol. 24, No. 8, pp: 942-948.

۷۲. **Xu, D.; Wang, Y.; Yu, K.; Guo, J.; Xiao, Z.; Ye, W. and Jia, W., 2016.** Enrichment and tissue distribution of heavy metals in horseshoe crabs from the Beihai coast of Beibu Gulf. In 2015 4th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Engineering. Atlantis Press.

۷۳. **Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G. and Omar, H., 2002.** Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. Environment international. Vol. 28, No. 1-2, pp: 117-126.

۷۴. **Yilmaz, L., 2003.** Chemical Composition. Biological Properties and Health Effects of Propolis. pp: 28-30.

۷۵. **Zhou, F.; Guo, H. and Hao, Z., 2007.** Spatial distribution of heavy metals in Hong Kong's marine sediments and their human impacts: a GIS-based chemometric approach. Marine pollution bulletin. Vol. 54, No. 9, pp: 1372-1384.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129416

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

.

Assessment the heavy metals concentration changes in sediment, muscle tissue, and carapace of ghost crab in pre and post-summer Mansoon

- **Mehran Loghmani*:** Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran
- **Zohreh Soltani:** Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran
- **Safoura Mashhadi:** Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

Received: March 2020 Accepted: June 2020

Key words: Heavy metals, Chabahar Bay, Gowater Bay, Mansoon, *Ocypode saratan*, Ghost Crab

Abstract

The aim of this study was to investigate and compare the accumulation of copper, zinc and cadmium in sediment, muscle tissue and carapace of ghost crab (*Ocypode saratan*) in the two climatic periods pre- and post- Mansoon in Chabahar Bay and Gowater. In total 60 samples of crabs were collected, and the heavy metal concentrations in their muscle and shell were measured. The metal accumulation pattern was obtained in both tissues and in both periods as Zn> Cu> Cd. The highest concentrations of metals with 99.39±4.5 micrograms per gram of dry weight were related to zinc in pre- Mansoon and the lowest concentrations were related to cadmium with 0.0016±0.007 micrograms per gram of dry weight in post Mansoon in muscle. In general, a comparison of metal concentrations between two seasons in muscle tissue, carapace, and sediment showed that the concentration in muscle and carapace tissue were significantly higher in post-Mansoon than pre-Mansoon ($p<0.05$). Except for the copper in muscle tissue, the results showed that the concentration of copper in the post-Manson muscle was slightly higher than pre- Mansoon. The concentration of copper and zinc metals was higher in the post-Mansoon than in the pre- Mansoon ($p<0.05$), but cadmium was reported to be slightly higher than in the pre Mansoon than post Mansoon. It was also found that the concentration of metals in the Gowater mangrove forests was higher than in Chabahar ($p<0.05$). Comparison of metal concentrations in ghost crab muscle tissue with international standards showed that zinc concentration was higher than all standards except NHMRC and WHO. But cadmium was found to be below the all standard values. Copper and zinc were found to have excessive values, which is a concern for species health and therefore the food chain. The necessary steps should be taken to conduct the possible controlling actions. The concentrations of metals in the sediment were lower than the sediment quality standards of the United States and Canada. Therefore, the metals in the sediments of the studied areas may not be a big threat to the organisms.

* Corresponding Author's email: Loghmani.mehran@gmail.com