

غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت خوراکی اویستر صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) و میگوی سفید هندی (*Penaeus indicus*) در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان

- علی مهدی آبکنار*: گروه شیلات، واحد چابهار، دانشگاه آزاد اسلامی، چابهار، ایران
- مازیار یحیوی: گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
- امیر هوشنگ بحری: گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
- محمدرضا بیوار: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۷

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی و مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت عضله اویستر صخره‌ای و میگوی سفید هندی در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان در دو بازه زمانی قبل و بعد از بروز مانسون به ترتیب در بهار و پاییز سال ۱۳۹۶ انجام شد. ۵۰ نمونه از ۵ ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندرپزم، خلیج چابهار و بندر گواتر تهیه شد. استخراج فلزات با استفاده از روش هضم مرطوب و تعیین غلظت آن‌ها با دستگاه جذب اتمی انجام شد. نتایج به دست آمده اختلاف معنی‌داری در میزان تجمع فلزات سنگین در بافت عضله هر دو گونه بین ایستگاه‌های مختلف نشان داد ($p < 0/05$). همچنین مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین قبل و بعد از مانسون نیز اختلاف معنی‌داری در میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت اویستر صخره‌ای و میزان تجمع فلز مس در بافت میگوی سفید هندی نشان داد ($p < 0/05$). مقایسه نتایج به دست آمده با آستانه استانداردهای جهانی نشان داد که غلظت سرب در بافت عضله اویستر صخره‌ای در مقایسه با آستانه استاندارد جهانی WHO بالاتر بود. مقدار مس نیز در بافت عضله اویستر صخره‌ای و میگوی سفید هندی در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی WHO و NHMRC بالاتر بود. غلظت کادمیوم از حدود استاندارد جهانی NHMRC و سازمان استاندارد ملی ایران و غلظت جیوه از حدود آستانه استاندارد جهانی WHO بالاتر بود. در مجموع نتایج این تحقیق نیاز به رویکرد اکوسیستمی در جهت مدیریت پایدار مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان را نشان می‌دهد. این امر آلودگی آبریان را محدود می‌کند که یک تهدیدکننده سلامت برای افرادی است که از منابع آبی آلوده به فلزات سنگین را مصرف می‌کنند.

کلمات کلیدی: اویستر صخره‌ای، میگوی سفید هندی، عضله، فلزات سنگین، دریای عمان



مقدمه

از بین تمام آلاینده‌های شناخته شده، فلزات سنگین به دلیل داشتن خواصی هم‌چون سمیت زیاد، پایداری، تجمع و بزرگ‌نمایی زیستی در زنجیره غذایی جزء آلاینده‌های بسیار خطرناک محسوب می‌شوند. این عناصر، پس از ورود به بدن موجودات زنده انباشته شده و یا به سطوح تغذیه‌ای بالاتر منتقل می‌شوند و در اثر فعل و انفعالات شیمیایی به مواد سمی و خطرناک تبدیل می‌گردند. بدین ترتیب، این مواد سبب بروز اختلالاتی در عملکردهای طبیعی موجودات زنده می‌شوند و حتی می‌توانند موجب مرگ موجود نیز گردند (Stewart, 1999). با توجه به مشکلاتی که در ارزیابی آلودگی‌های موجود در محیط‌های آبی با استفاده از پایش آب و رسوب و به دست آوردن نمونه‌های درست و دقیق از مناطق تحت بررسی وجود دارد، دانشمندان مناسب‌ترین روش را پایش زیستی آلودگی‌هایی می‌دانند که در آن ارگانسیم‌های قرارگرفته در محیط‌زیست با غلظت‌های مختلف مواد مورد ارزیابی اثرات و یا سنجش میزان مواد تجمع یافته در آن‌ها قرار می‌گیرند. این تکنیک براساس نمونه‌برداری و آنالیز مایعات و بافت‌های ویژه از موجوداتی است که پایشگر زیستی نامیده می‌شوند استوار است (Emara and Hamed, 2000). فلزات سنگین از طریق ته‌نشست مداوم حتی در غلظت‌های کم نیز توانایی ورود به اکوسیستم‌های مختلف را دارا می‌باشند که در طول زمان منجر به غنی شدن اکوسیستم‌ها از این عناصر می‌گردد. این عمل از طریق تجمع زیستی آن‌ها در پلانکتون‌ها، کفزیان و صافی‌خواران و هم‌چنین ظهور پدیده بزرگ‌نمایی زیستی در زنجیره‌های غذایی بالاتر میسر است (Giffords and همکاران، 2004). استفاده از موجودات زنده آبی برای تشخیص تغییرات زمانی و مکانی در میزان دسترس پذیری زیستی فلزات سنگین در آب‌های ساحلی و مصبی به‌خوبی اثبات شده است (Blasco and همکاران، 2002). از آنجائی که موجودات آبی در تماس مستقیم با بخش‌های آلوده زیستگاه‌های آبی (رسوبات و آب) هستند، می‌توانند سطوح بالایی از فلزات سنگین را در بافت‌های مختلف خود ذخیره نمایند (Van Duren and همکاران، 2006). هم‌چنین آبیان می‌توانند در معرض ورود هر دو دسته از عناصر ضروری و غیرضروری از رسوبات نیز باشند (Demirak and همکاران، 2006). برخی از فلزات از جمله آرسنیک، کادمیوم، جیوه و سرب حتی در غلظت‌های پایین نیز سمی هستند (Le and همکاران، 2009). درحالی که برخی دیگر مانند مس و کبالت به‌عنوان عناصر ضروری نیز شناخته می‌شوند و نقش مهمی در متابولیسم‌های بیولوژیکی در غلظت‌های پایین دارند (Le and همکاران، 2009) و حضور بیش از حد و یا کاهش دسترسی به آن‌ها می‌تواند عملکردهای بیوشیمیایی را در انسان‌ها و حیوانات مختل نماید (Gulec and همکاران، 2011). مطالعات سم‌شناسی مرتبط با آبیان نشان می‌دهد که تخلیه فلزات سنگین در اکوسیستم‌های

آبی موجب کاهش تنوع زیستی، رشد و میزان هم‌آوری در آن‌ها می‌شود و درخصوص آبیان خوراکی، علاوه بر موارد اشاره شده، موجب بروز مخاطراتی برای مصرف‌کنندگان آن‌ها نیز می‌گردند (Golovanova, 2008). گونه‌های بنتیک و اپی‌بنتیک به شدت در معرض آلاینده‌های موجود در رسوبات و نیز آلاینده‌های محلول در آب هستند (Cogun and همکاران، 2006؛ Geffard and همکاران، 2007). تجمع زیستی فلزات سنگین در گونه‌های بنتیک برای شبکه‌های غذایی و انتقال آن‌ها به انسان‌ها بسیار مهم است (Cogun and همکاران، 2006؛ Unlu and همکاران، 2008). به‌طوری‌که این موجودات یکی از مهم‌ترین بخش‌های اکوسیستم بوده و می‌توانند به‌عنوان ذخیره تنوع زیستی و نیز به‌عنوان یک منبع اقتصادی محسوب شوند. این گونه‌ها نقش سازنده‌ای در این زیستگاه‌ها داشته و تغییرات جمعیتی آن‌ها بر همه جوامع اکوسیستم تأثیرگذار است (Coteur and همکاران، 2003). موجودات پلاژیک نیز از طریق آلوده شدن زنجیره غذایی پس از حرکت آلاینده‌ها به‌داخل آب در معرض آلاینده‌های موجود در رسوبات بستر هستند (Doyle and همکاران، 2003؛ Geffard and همکاران، 2007). درخصوص بررسی تأثیر فلزات سنگین در بافت‌های مختلف آبیان تحقیقات فراوانی انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، مس، نیکل و آهن در بافت میگوی سرتیز (*Metapenaeus affinis*) در سه بندر قشم، خمیر و لافت در استان هرمزگان (کوسج و همکاران، 1395)؛ کادمیوم، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، نیکل، سرب و روی در بافت عضله میگوی سفید (*Fennerpenaeus indicus*) صید شده از آب‌های بندر ماهشهر (پورباقر و همکاران، 1392)؛ نیکل، کادمیوم و روی در بافت عضله میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) (شیرالی و قطب‌الدین، 1394)؛ سرب، کادمیوم، روی، مس و جیوه در بافت عضله سه گونه میگو شامل میگوی بری سبز (*Penaeus semisulcatus*)، سفید هندی (*Ferropenaeus indicus*) و وانامی (*L. vannamei*) و مقایسه آن‌ها با میگوهای دریایی (موحد و همکاران، 1392) اشاره کرد. دریای عمان از راه تنگه هرمز به خلیج فارس متصل می‌شود. این دریا در ارتباط مستقیم و گسترده‌ای با دریای عرب و اقیانوس هند است و جزء دریاهای عمیق محسوب می‌شود. حداکثر عمق آب در محدوده آب‌های ایران بیش از 2000 متر است. از آنجاکه تغییرات فصلی در این دریا چندان طولانی نیست. این تغییرات موجب پیدایش جریان‌های دریایی نمی‌گردد. جهت جریان‌های سطحی آب در دریای عمان در همه جا یکسان نیست و کاملاً به جهت وزش باد بستگی دارد. جزر و مد در این دریا نامنظم بوده و از شرق به غرب بیش‌تر می‌شود (موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، 1394). تعویض دائمی آب در طول سال خصوصاً هنگام تلاطم دریا در مانسون تابستانه باعث شده تا تغییرات شوری کم‌وبیش حول مقادیر میانگین در نوسان باشد و



شرقی‌ترین نقطه دریای عمان در استان سیستان و بلوچستان انجام شد (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های تحت بررسی در جدول ۱ ارائه گردیده است. از هر گونه ماهی در هر ایستگاه تعداد ۱۰ نمونه تهیه شد. انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس با استفاده از یونولیت‌های پر از یخ انجام شد (Delman و همکاران، ۲۰۰۶). در آزمایشگاه نمونه‌ها تا زمان آنالیز در ظروف مخصوص همراه با برچسب حاوی مشخصات گونه‌های تحت بررسی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (APHA, ۲۰۰۵).



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌ها در منطقه

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

| ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی |
|-------------|---------------|---------------|
| بندر جاسک | ۷۷° ۵۷' ۹۵" | ۲۵° ۲۵' ۶۵" |
| صیدگاه درک | ۷۱° ۴۷' ۱۸" | ۲۵° ۲۵' ۴۷" |
| بندر پزم | ۶۰° ۳۱' ۱۲" | ۲۵° ۲۵' ۳۵" |
| خلیج چابهار | ۶۰° ۴۹' ۵۹" | ۲۵° ۳۰' ۱۹" |
| بندر گواتر | ۶۱° ۵۲' ۱۲" | ۲۵° ۱۸' ۳۵" |

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه کلیه نمونه‌ها با آب مقطر کاملاً شست‌وشو شد. پس از گذشت زمان و خروج آب اضافه، جداسازی عضله از اسکلت لایستر توسط تیغه استیل استریلیزه شده و بافت نرم جلبک توسط چاقوی پلاستیکی شسته شده با اسید انجام شد. نمونه‌های تهیه شده به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (Ugolini و همکاران، ۲۰۰۴). برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد. سنجش میزان تجمع عناصر سرب، مس، جیوه و کادمیوم به روش جذب اتمی با کمک دستگاه جذب اتمی مدل Mark varian Fs240 ساخت انگلستان انجام شد (MOOPAM, ۱۹۹۹). جیوه با سیستم هیدرید و مس، سرب و کادمیوم با سیستم کوره اندازه‌گیری شدند. حد تشخیص و دقت دستگاه ۰/۱ ppb بود. برای اندازه‌گیری عناصر مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد ۲۰

به جز در مناطق محدود ساحلی (مانند خورها) افزون‌تر از این مقدار نگردد. بدین ترتیب استرس ناشی از شوری بالا که به‌عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده زیست‌محیطی برای موجودات خلیج فارس محسوب می‌گردد (با متوسط شوری ۴۱ قسمت در هزار) در این دریا مطرح نیست. از دیگر ویژگی‌های بارز و خاص حاکم که به‌طور کلی دارای تأثیر عمده بر خصوصیات زیستی و اکولوژی دریای عمان است، وزش بادهای موسمی (Monsoon) است که سبب تلاطم آب دریا و ایجاد تغییرات قابل‌ملاحظه در دینامیک آن می‌گردد (Piptone و Bello, ۲۰۰۲). در طول تابستان گرم شدن هوا و در نتیجه گرم شدن کوه‌های هیمالیا منجر به ایجاد توده فشار قاره‌ای کم‌فشار در آن منطقه می‌گردد و در منطقه اقیانوس هند که دارای حرارتی کم‌تر است یک مرکز توده پرفشار اقیانوسی ایجاد خواهد شد که نتیجه آن جریان یافتن شدید هوا از قسمت‌های جنوب غربی اقیانوس هند به سمت شمال شرقی یا به عبارتی شمال شبه‌قاره هندوستان است که تحت عنوان مانسون تابستانه شناخته می‌شود. برعکس حالت فوق در خلال ماه‌های زمستان (اوپایل دی تا اواخر اسفند) ایجاد می‌شود که یک منطقه پرفشار در قسمت بالای سلسله جبال هیمالیا تشکیل می‌گردد. حرکت توده هوا از این منطقه به سمت منطقه کم‌فشار که در مرکز و در غرب اقیانوس هند تشکیل شده را مانسون زمستانه می‌نامند (Reynolds, ۱۹۹۳). شدت مانسون تابستانه بسیار بیش‌تر از نوع زمستانه است که باعث ایجاد تلاطمات شدید آب در اقیانوس هند و دریای عمان می‌گردد و شرایط و وضعیت آب‌های دریایی، جریان‌ها و امواج را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای روی کیفیت آب دریا دارد (Reynolds, ۱۹۹۳). با توجه به موارد مذکور مطالعه حاضر باهدف بررسی و مقایسه تغییرات غلظت چهار فلز سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان در دو بازه زمانی قبل و بعد از بروز پدیده مانسون در پنج ایستگاه بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به ترتیب در فصول بهار و پاییز در بافت خوراکی میگوی سفید هندی و لایستر صخره‌ای به‌عنوان دو گونه از آبزیان بومی این مناطق انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه نمونه‌برداری از بافت‌های جلبک قهوه‌ای سارگاسوم و لایستر صخره‌ای در دو بازه زمانی قبل از بروز پدیده مانسون از فروردین تا خردادماه سال ۱۳۹۶ و بعد از بروز پدیده مانسون از مهر تا آذرماه سال ۱۳۹۶ در ۵ ایستگاه از مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان به ترتیب از غرب به شرق شامل: بندر جاسک در استان هرمزگان و ایستگاه صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌عنوان

نتایج به‌دست‌آمده اختلاف معنی‌داری در میزان غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اویستر صخره‌ای بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده شد ($p < 0/05$). در شرایط قبل از مانسون بالاترین غلظت سرب ($0/0 \pm 74/17$)، در ایستگاه خلیج چابهار و بالاترین غلظت مس ($15/3 \pm 13/58$)، کادمیوم ($0/0 \pm 22/10$) و جیوه ($0/0 \pm 29/05$) در ایستگاه بندرجاسک ثبت شد. در شرایط بعد از بروز مانسون نیز مشابه با شرایط قبل از بروز این پدیده بالاترین غلظت سرب ($0/0 \pm 76/18$) در ایستگاه خلیج چابهار و بالاترین غلظت مس ($15/3 \pm 12/12$)، کادمیوم ($0/0 \pm 30/10$) و جیوه ($0/0 \pm 29/07$) در ایستگاه بندرجاسک ثبت گردید (جدول ۳). مقایسه ترتیب تجمع فلزات سنگین در بافت عضله اویستر صخره‌ای برای هر دو شرایط قبل و بعد از بروز پدیده مانسون به شکل مشابه و به‌صورت مس < سرب = جیوه = کادمیوم به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت عضله صدف اویستر صخره‌ای قبل و بعد از بروز مانسون

| فلزات سنگین | شرایط | انحراف میانگین ± میانگین | درجه آزادی | معنی داری | t |
|-------------|----------------|--------------------------|------------|-----------|-------|
| سرب | قبل از مانسون | $0/0 \pm 55/23$ | ۴۹ | ۰/۲۱ | -۱/۲۶ |
| | بعد از مانسون | $0/0 \pm 59/26$ | | | |
| | اختلاف میانگین | $0/0 \pm 04/03$ | | | |
| مس | قبل از مانسون | $12/4 \pm 76/03$ | ۴۹ | ۰/۹۰ | ۰/۱۲ |
| | بعد از مانسون | $12/3 \pm 68/40$ | | | |
| | اختلاف میانگین | $0/0 \pm 08/37$ | | | |
| کادمیوم | قبل از مانسون | $0/0 \pm 13/07$ | ۴۹ | ۰/۰۲ | -۲/۳۱ |
| | بعد از مانسون | $0/0 \pm 16/09$ | | | |
| | اختلاف میانگین | $-0/0 \pm 02/02$ | | | |
| جیوه | قبل از مانسون | $0/0 \pm 20/10$ | ۴۹ | ۰/۳۷ | -۰/۸۹ |
| | بعد از مانسون | $0/0 \pm 21/09$ | | | |
| | اختلاف میانگین | $-0/0 \pm 008/01$ | | | |

میگوی سفید‌هندی (*Penaeus indicus*): مقایسه تغییرات فصلی میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در شرایط قبل و بعد از بروز پدیده مانسون در بافت عضله میگوی سفید‌هندی (*P. indicus*) نیز در جدول ۳ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده میانگین غلظت مس، کادمیوم و جیوه در شرایط قبل از بروز مانسون در سطح بالاتری قرار داشت. اختلاف میانگین مثبت در خصوص تغییر غلظت این فلزات نشان‌دهنده بالاتر بودن غلظت آن‌ها در شرایط قبل از بروز مانسون بود. درحالی‌که میانگین غلظت سرب بعد از بروز مانسون در سطح بالاتری قرار داشت با توجه به مقادیر P-value فقط میانگین غلظت مس اختلاف معنی‌داری را در شرایط قبل و بعد از بروز مانسون در بافت عضله میگوی سفید‌هندی نشان داد ($p < 0/05$). براساس نتایج ثبت شده میانگین غلظت مس از $12/3 \pm 76/86$ ppm در شرایط قبل از مانسون به $11/3 \pm 71/68$ ppm در شرایط بعد از مانسون رسید (جدول ۴).

دقیقه نمونه‌ها به‌هم زده شدند تا عناصر به‌صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به‌هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه در ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل گردیدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده شده اندازه‌گیری گردید (عسگری‌ساری و همکاران، ۱۳۹۱). غلظت نهایی فلزات برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک اعلام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از ارزیابی غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در نمونه‌های موردنظر پس از تأیید پراکنش نرمال نتایج از طریق انجام آزمون Kolmogorov-Smirnov، به‌منظور بررسی ارتباط بین غلظت فلزات سنگین و فصول مختلف جهت تعیین وجود و یا عدم وجود تفاوت در میانگین گروه‌های مستقل از یکدیگر از آزمون T با نمونه‌های جفتی (Paired-Samples T-Test) و جهت بررسی وجود و یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف در خصوص غلظت فلزات سنگین تحت بررسی از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و برای مشخص کردن اختلاف بین میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن میانگین غلظت فلزات از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری $p < 0/05$ با استفاده از نرم‌افزار SPSS (v: 25) استفاده شد.

نتایج

اویستر صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*): مقایسه تغییرات فصلی میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در شرایط قبل و بعد از بروز مانسون در بافت عضله دوکفه‌ای *S. cucullata* در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج آزمون T، اختلاف میانگین مثبت در خصوص تغییر غلظت سرب، مس و جیوه نشان‌دهنده بالاتر بودن سطح این فلزات قبل از بروز مانسون در مقایسه با شرایط بعد از بروز این پدیده بود. درحالی‌که در خصوص غلظت کادمیوم اختلاف میانگین منفی نشان‌دهنده بالاتر بودن سطح این فلز بعد از بروز پدیده مانسون بود. با توجه به مقادیر P-value اختلاف معنی‌دار فقط در میانگین غلظت کادمیوم مشاهده شد ($p = 0/02$). میانگین غلظت کادمیوم از $0/0 \pm 13/07$ ppm در شرایط قبل از مانسون به $0/0 \pm 16/09$ ppm در شرایط بعد از مانسون رسید (جدول ۲). میزان تجمع فلزات سنگین در بافت عضله اویستر صخره‌ای بین ایستگاه‌های تحت بررسی در شرایط قبل و بعد از بروز مانسون در جدول ۳ ارائه شده است. براساس



جدول ۳: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت عضله اویستر صخره‌ای (*S. cucullata*) بین ایستگاه‌های مختلف

| ایستگاه | فلز | سرب | مس | کادمیوم | جیوه |
|---------------|------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| قبل از مانسون | | | | | |
| بندر جاسک | ۰/۰±۶۵/۲۲a | ۱۵/۳±۱۳/۵۸a | ۰/۰±۲۲/۱۰a | ۰/۰±۲۹/۰۵a | ۰/۰±۲۹/۰۵a |
| صیدگاه درک | ۰/۰±۳۶/۱۶b | ۱۰/۳±۳۷/۵۳b | ۰/۰±۰۶/۰۲c | ۰/۰±۰۸/۰۰۴b | ۰/۰±۰۸/۰۰۴b |
| بندر پزم | ۰/۰±۶۱/۱۸a | ۱۲/۳±۱۵/۷۸ab | ۰/۰±۱۵/۰۴b | ۰/۰±۲۳/۰۸a | ۰/۰±۲۳/۰۸a |
| خلیج چابهار | ۰/۰±۷۴/۱۷a | ۱۳/۲±۸۹/۹۷ab | ۰/۰±۱۶/۰۴b | ۰/۰±۲۷/۰۹a | ۰/۰±۲۷/۰۹a |
| بندر گواتر | ۰/۰±۳۸/۱۵b | ۱۲/۵±۲۶/۰۵ab | ۰/۰±۰۸/۰۱c | ۰/۰±۱۲/۰۳b | ۰/۰±۱۲/۰۳b |
| بعد از مانسون | | | | | |
| بندر جاسک | ۰/۰±۶۹/۲۱a | ۱۵/۳±۱۲/۱۳a | ۰/۰±۳۰/۱۰a | ۰/۰±۲۹/۰۷a | ۰/۰±۲۹/۰۷a |
| صیدگاه درک | ۰/۰±۳۹/۱۸b | ۱۱/۲±۵۰/۷۳b | ۰/۰±۰۶/۰۲c | ۰/۰±۰۹/۰۰۹c | ۰/۰±۰۹/۰۰۹c |
| بندر پزم | ۰/۰±۶۶/۲۱a | ۱۱/۳±۷۰/۶۷b | ۰/۰±۱۶/۰۳b | ۰/۰±۲۵/۰۵a | ۰/۰±۲۵/۰۵a |
| خلیج چابهار | ۰/۰±۷۶/۱۸a | ۱۳/۳±۳۱/۷۸ab | ۰/۰±۲۰/۰۲b | ۰/۰±۲۷/۰۶a | ۰/۰±۲۷/۰۶a |
| بندر گواتر | ۰/۰±۴۳/۱۱b | ۱۱/۲±۷۷/۷۰b | ۰/۰±۰۸/۰۱c | ۰/۰±۱۴/۰۴b | ۰/۰±۱۴/۰۴b |

*حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن می‌باشد (p<۰/۰۵).

مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین در بافت عضله میگوی سفید هندی (*P. indicus*) بین ایستگاه‌های مختلف در شرایط قبل و بعد از بروز مانسون در جدول ۵ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده اختلاف معنی‌داری در خصوص غلظت فلزات سنگین در بافت عضله میگوی سفید هندی بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده شد (p<۰/۰۵). بالاترین غلظت سرب برای هر دو شرایط قبل و بعد از بروز مانسون به ترتیب ppm ۱۱/۵۸±۰/۰ و ppm ۱۱/۶۵±۰/۰ در ایستگاه بندر جاسک، بالاترین غلظت مس به ترتیب ppm ۱۶/۲±۹۷/۰۵ و ppm ۱۵/۴۶±۳/۲۰، بالاترین غلظت کادمیوم به ترتیب ppm ۳۱/۰۷±۰/۰ و ppm ۲۲±۰/۱۰، بالاترین غلظت جیوه به ترتیب ppm ۲۸/۰۹±۰/۰ و ppm ۲۴±۰/۰۸ در ایستگاه خلیج چابهار ثبت شد (جدول ۵). ترتیب تجمع فلزات سنگین نیز برای هر دو شرایط قبل و بعد از مانسون بشکل مشابه و به‌صورت مس < سرب = کادمیوم = جیوه مشاهده شد.

جدول ۴: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت عضله میگوی سفید هندی قبل و بعد از مانسون

| فلزات سنگین | شرایط | انحراف میانگین± میانگین | درجه آزادی | معنی داری | t |
|-------------|---------------|-------------------------|------------|-----------|-------|
| سرب | قبل از مانسون | ۰/۰±۴۲/۱۷ | ۴۹ | ۰/۸۳ | -۰/۲۱ |
| | بعد از مانسون | ۰/۰±۴۲/۱۸ | | | |
| مس | قبل از مانسون | ۱۲/۳±۷۶/۸۶ | ۴۹ | ۰/۰۴ | ۲/۱۰ |
| | بعد از مانسون | ۱۱/۳±۷۱/۶۸ | | | |
| کادمیوم | قبل از مانسون | ۰/۰±۱۶/۰۹ | ۴۹ | ۰/۲۴ | ۱/۱۸ |
| | بعد از مانسون | ۰/۰±۱۵/۰۷ | | | |
| جیوه | قبل از مانسون | ۰/۰±۱۶/۱۰ | ۴۹ | ۰/۱۵ | ۱/۴۵ |
| | بعد از مانسون | ۰/۰±۱۴/۰۸ | | | |

جدول ۵: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت عضله میگوی سفید هندی بین ایستگاه‌های مختلف

| ایستگاه | فلز | سرب | مس | کادمیوم | جیوه |
|---------------|------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| قبل از مانسون | | | | | |
| بندر جاسک | ۰/۰±۵۸/۱۱a | ۱۴/۳±۸۹/۱۵a | ۰/۰±۳۱/۰۷a | ۰/۰±۲۲/۰۸b | ۰/۰±۲۲/۰۸b |
| صیدگاه درک | ۰/۰±۲۶/۱۰b | ۹/۳±۴۳/۱۲b | ۰/۰±۰۹/۰۱c | ۰/۰±۰۷/۰۰۹d | ۰/۰±۰۷/۰۰۹d |
| بندر پزم | ۰/۰±۴۹/۱۰a | ۱۱/۲±۳۸/۴۲b | ۰/۰±۱۱/۰۳c | ۰/۰±۱۵/۰۶c | ۰/۰±۱۵/۰۶c |
| خلیج چابهار | ۰/۰±۵۱/۱۸a | ۱۶/۲±۹۷/۰۵a | ۰/۰±۱۹/۰۸b | ۰/۰±۲۸/۰۹a | ۰/۰±۲۸/۰۹a |
| بندر گواتر | ۰/۰±۲۸/۰۷b | ۱۱/۳±۱۴/۰۷b | ۰/۰±۱۱/۰۲c | ۰/۰±۰۸/۰۱d | ۰/۰±۰۸/۰۱d |
| بعد از مانسون | | | | | |
| بندر جاسک | ۰/۰±۶۵/۱۱a | ۱۳/۳±۶۸/۴۸ab | ۰/۰±۲۱/۰۵a | ۰/۰±۱۹/۰۶ab | ۰/۰±۱۹/۰۶ab |
| صیدگاه درک | ۰/۰±۲۷/۰۸c | ۸/۱±۵۷/۸۶d | ۰/۰±۰۸/۰۲b | ۰/۰±۰۷/۰۱d | ۰/۰±۰۷/۰۱d |
| بندر پزم | ۰/۰±۴۸/۰۹b | ۹/۲±۴۹/۲۹cd | ۰/۰±۱۲/۰۳b | ۰/۰±۱۴/۰۶c | ۰/۰±۱۴/۰۶c |
| خلیج چابهار | ۰/۰±۴۸/۱۰b | ۱۵/۳±۴۶/۲۰a | ۰/۰±۲۲/۱۰a | ۰/۰±۲۴/۰۸a | ۰/۰±۲۴/۰۸a |
| بندر گواتر | ۰/۰±۲۶/۰۷c | ۱۱/۲±۳۹/۴۶bc | ۰/۰±۱۱/۰۱b | ۰/۰±۰۷/۰۱d | ۰/۰±۰۷/۰۱d |

*حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن می‌باشد (p<۰/۰۵).

بحث

خلیج چابهار و بندر جاسک منشأ غیر کانونی داشته و حاصل تردد بیش از اندازه کشتی‌ها باشد. ضمن آن که نمی‌توان تأثیر مقدار مس موجود در خون این آبزیان را نیز در مشاهده غلظت‌های بالای مس در مقایسه با سایر فلزات تحت بررسی نادیده گرفت. موحدی و همکاران (۱۳۹۵) بالاترین و پایین‌ترین غلظت سرب در بافت نرم صدف *Corbicula fluminalis* در رودخانه زاینده‌رود را برای فصول سرد معادل ۱۰۴/۹۳ پی.پی.ام و ۳۳/۵۰ پی.پی.ام و برای فصول گرم به ترتیب معادل ۹۷/۶۵ پی.پی.ام و ۴۳ پی.پی.ام گزارش دادند. فقیری و همکاران (۱۳۸۹) نیز میزان تجمع سرب در بافت نرم صدف دوکفه‌ای *Crassostrea gigas* در بندر امام خمینی را به‌طور میانگین معادل ۸/۶۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش دادند. بررسی این فلز سنگین در بافت نرم صدف *Saccostrea cucullata* در ناحیه بین جزر و مدی خلیج چابهار ۵/۲۶-۳/۸۶ میکروگرم بر گرم گزارش شد (عین‌الهی پیر و همکاران، ۱۳۸۹). توانایی دوکفه‌ای‌ها در جذب فلزات سنگین به‌خصوص فلز سرب اثبات شده است. ولی، مکانیزم تغلیظ این عناصر به‌وسیله این موجودات هنوز به‌طور کامل مشخص نیست. این موجودات از طریق جذب مستقیم از آب این عمل را انجام می‌دهند (Fernanda و همکاران، ۲۰۰۳). اگرچه دوکفه‌ای‌ها قادر به تغلیظ سرب در بدن خود هستند، اما بسیاری از آن‌ها از مکانیسم دفع سرب نیز برخوردار هستند و مقادیر زیادی از این فلزات را به‌صورت گرانول‌هایی در غدد هضمی خود ذخیره می‌کنند (Clerck، ۱۹۹۵). در واقع ماکروبینتوزها می‌توانند فلزات سنگین موجود در محلول‌ها را از طریق پوست و فلزات سنگین موجود در غذا را از طریق گوارش تغلیظ نمایند و این آلودگی‌ها را از طریق مدفوع، ادرار، پوست و هم‌چنین آبشش‌ها دفع نمایند (Lee و Swartz، ۱۹۸۰؛ Bryan، ۱۹۷۱). به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین راه ورود سرب به داخل بدن ماکروبینتوزها از طریق تغذیه باشد. (Bryan، ۱۹۷۴). غلظت سرب در این موجودات شدیداً وابسته به غلظت آن در رسوب است (Langston و Spence، ۱۹۹۴). در توجیه نتایج به‌دست آمده Packer و همکاران (۱۹۸۰) دریافتند که ارتباط مستقیمی بین غلظت سرب در بافت سخت‌پوستان و رسوبات دیده می‌شود که می‌تواند یک دلیل احتمالی برای غلظت بالای سرب در سخت‌پوستان نسبت به سایر گروه‌ها باشد. یکی از دلایل احتمالی غلظت بالای سرب در مناطق بندر جاسک و خلیج چابهار را می‌توان به‌علت قرار گرفتن این مناطق در مجاورت مسیر رفت‌وآمد وسایط نقلیه و تردد قایق‌ها دانست. در توجیه این موارد مهم‌ترین منابع ورود سرب (۰/۳۰-۰/۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به آب‌های ساحلی در بندر چابهار، وجود لنج‌ها و کشتی‌های صیادی و تجاری فراوان و صنایع مختلف گزارش شد (شهری و همکاران، ۱۳۹۶). به‌طور کلی ذرات سرب توسط برف و باران به‌طور گسترده به زمین راه می‌یابند، ولی امروزه مهم‌ترین راه ورود سرب به زمین و دریا

اساس نتایج تحقیق حاضر بالاترین میزان تجمع فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت عضله اویستر صخره‌ای (S. cucullata) و میگوی سفید هندی (*P. indicus*) به‌عنوان دو گونه از آبزیان بومی در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان به‌ترتیب در دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار ثبت شد. با مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین بین دو بازه زمانی قبل و بعد از مانسون نیز مشخص شد که غلظت کادمیوم در بافت عضله اویستر صخره‌ای در شرایط بعد از مانسون در مقایسه با شرایط قبل از بروز این پدیده افزایش معنی‌داری و غلظت مس در بافت عضله میگوی سفید هندی کاهش معنی‌داری داشته است. با مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین در بافت عضله هر دو گونه نیز مشخص شد که میزان تجمع مس در مقایسه با سرب، کادمیوم و جیوه به شکل معنی‌داری بالاتر بود. در توجیه نتایج به‌دست آمده بالاترین و پایین‌ترین غلظت مس در بافت نرم صدف *Corbicula fluminalis* در فصول گرم در رودخانه زاینده‌رود به ترتیب معادل ۳۰/۵۰ پی.پی.ام و ۱۶/۲۵ پی.پی.ام و در فصول سرد به ترتیب ۴۳/۵۰ پی.پی.ام و ۱۹/۵۰ پی.پی.ام گزارش شد که بالاتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در خصوص میزان تجمع مس در بافت اویستر صخره‌ای در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان بود (موحدی و همکاران، ۱۳۹۵). در مطالعه عین‌الهی پیر و همکاران (۱۳۸۹) نیز محدوده مس اندازه‌گیری شده در بافت نرم صدف *Saccostrea cucullata* ۹۶/۹۳-۸۴/۲۸۹ میکروگرم بر گرم گزارش شد که بسیار بالاتر از نتایج مطالعه حاضر بود. Roper و Primor (۱۹۹۱) نیز غلظت بالایی از فلز مس (۱۲۱۹ میکروگرم) را در بافت نرم صدف *C. gigas* در بندر Manukau در خلیج Granny در کشور نیوزلند گزارش دادند. غلظت مس در بافت نرم صدف *Crassostrea gigas* به‌طور میانگین معادل ۸۱/۶۲±۶۰/۲۳۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد (فقیری و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه پورباقر و همکاران (۱۳۹۲) نیز میانگین غلظت مس در بافت عضله میگوی سفید هندی در آب‌های بندر ماهشهر به‌طور میانگین ۳/۶۹ میکروگرم بر گرم گزارش شد که پایین‌تر از نتایج به‌دست‌آمده در خصوص فلز مس در بافت عضله میگوی سفید هندی بود. الگوی به‌دست‌آمده از فلزات نشان می‌دهد که دوکفه‌ای‌ها و سخت‌پوستان احتمالاً فلز مس جذب‌شده را در بافت نرم خود ذخیره می‌کنند. به‌طور معمول افزایش غلظت مس در بافت نرم صدف به بیش از ۵۰۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک باعث تغییر رنگ آن‌ها به سبز می‌شود (Han و Hung، ۱۹۹۰). افزایش میزان مس به بیش از ۴۰۰۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک در صدف *C. gigas* در محل دفن زباله‌های شهری و صنعتی در سواحل شرقی تایوان باعث مرگ‌ومیر این نرم‌تنان شد (Han و Hung، ۱۹۹۰). به نظر می‌رسد افزایش مس در دو منطقه

کم عمق نسبت به اعماق ۵-۱۰ متر بود. با توجه به موارد ذکر شده مشاهده اختلاف معنی دار در میزان تجمع کادمیوم در شرایط قبل و بعد از بروز مانسون در بافت عضله اویستر صخره‌ای را می‌توان به عوامل محیطی منطقه نسبت داد. به طوری که عوامل محیطی متفاوت مانند pH و دمای آب می‌توانند اثرات مختلفی را روی میزان جذب عناصر داشته و روی رفتار و در نهایت متابولیسم عناصر مؤثر باشند. در مطالعه موحدی و همکاران (۱۳۹۵) غلظت کادمیوم در بافت نرم نمونه‌های صدف دوکفه‌ای *C. fluminalis* جمع‌آوری شده از رودخانه زاینده‌رود در فصول گرم سال در محدوده ۴۷/۱۴-۵۹/۱۵-۴/۷۵ پی.پی.ام و در فصول سرد سال در محدوده ۴۷/۱۴-۵ پی.پی.ام گزارش شد. در مطالعه پورباقر و همکاران (۱۳۹۳) نیز میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضله میگوی سفید هندی ۰/۰۷۹ میکروگرم بر گرم گزارش شد رضوی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش دادند که در منطقه بحرکان برای میگوی سفید هندی میزان تجمع کادمیوم در بافت پوست بیش‌تر از بافت عضله است. در حالی که در مطالعه Chen و Wu (۲۰۰۵) روی میگوی وانامی (*Litopenneus vannamei*) میزان تجمع کادمیوم در بافت‌های سخت و ماهیچه بیش‌تر بود. جیوه سمی‌ترین فلزی است که با تأثیر بر مغز انسان موجب آشفتگی‌های عصبی می‌گردد. هم‌چنین این فلز سنگین دارای اثرات بازدارندگی رشد و ترشح آنزیم‌هاست (پورباقر و همکاران، ۱۳۹۲). تحقیقات نشان داده است که مصرف آبزیان یکی از عمده‌ترین مسیرهای ورود این عنصر خطرناک به بدن انسان است (پورباقر و همکاران، ۱۳۹۲). نوع تغذیه یکی از عوامل مؤثر در میزان تجمع جیوه در بدن آبزیان است. نرم‌تنان دوکفه‌ای جیوه را به‌طور مستقیم از آب دریا به درون بدن خود تجمع می‌دهند. جذب جیوه از آب‌های کدر بیش‌تر از آب‌های شفاف است. غلظت جیوه در دوکفه‌ای‌ها تحت تأثیر عواملی مانند مرحله تولیدمثلی، جنسیت و تفاوت‌های درون گونه‌ای است (Norum و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج حاصل از در معرض قرار دادن صدف‌ها با فلزات سنگین جیوه و کادمیوم به‌مدت ۱۴ روز در محیط آزمایشگاه نشان داد که تجمع زیستی جیوه در بافت نرم صدف، علی‌رغم غلظت کم‌تر به‌کار گرفته شده، قوی‌تر و بیش‌تر از تجمع کادمیوم است (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۲). با اندازه‌گیری میانگین غلظت جیوه در بافت نرم صدف *Crassostrea gigas* میانگین غلظت این فلز سنگین در بافت این گونه معادل ۶/۵۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شد که بسیار بیش‌تر از نتایج تحقیق حاضر بود. در مطالعه پورباقر و همکاران (۱۳۹۳) نیز میانگین غلظت جیوه در بافت عضله میگوی سفید هندی صید شده از سواحل بندر ماهشهر ۰/۴۱۳ میکروگرم بر گرم گزارش شد که در محدوده نتایج حاضر بود. نتایج مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اویستر صخره‌ای و میگوی سفید هندی با استاندارد ملی ایران و استانداردهای بین‌المللی

را افزایش تعداد اتومبیل‌ها و استفاده از بنزین سرب‌دار می‌دانند (Clerk، ۱۹۹۲). در تأیید نتایج به‌دست‌آمده پورباقر و همکاران (۱۳۹۳) میانگین غلظت سرب در بافت عضله میگوی سفید هندی را در آب‌های نواحی بندر ماهشهر ۰/۷۲۴ میکروگرم بر گرم گزارش دادند که در محدوده نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر بود. در بررسی انجام‌شده روی بافت عضله میگوی سفید هندی پرورشی (ایستگاه تکثیر و پرورش میگوی گمیشان - استان گلستان) مقدار این عنصر ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد (سقلی و همکاران، ۱۳۸۸). در مطالعه‌ای دیگر ولایت‌زاده و عسگری‌ساری (۱۳۹۳) با بررسی و مقایسه میزان تجمع سرب در بافت دو گونه میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) و سفید هندی پرورشی در مجتمع پرورش میگوی چوئیده (آبادان) میانگین غلظت سرب را در این دو گونه به‌ترتیب معادل ۰/۲۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر برای میگوی وانامی و ۰/۲۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر برای میگوی سفید هندی گزارش دادند. براساس مطالعه Eisler (۱۹۸۵) مرگ‌ومیر شدید، کاهش رشد و فعالیت‌های تولیدمثلی از عوارض قرار گرفتن آبزیان در معرض کادمیوم است. تحقیقات نشان داده است که مصرف آبزیان آلوده به کادمیوم موجب ایجاد بیماری ایتای‌ایتای، تخریب کلیه و بافت‌های بیضه در انسان می‌شود (شهریاری، ۱۳۸۴). کادمیوم به فراوانی در پوسته زمین یافت می‌شود و معمولاً از ذوب روی به‌دست می‌آید. از پالایش سرب و روی نیز مقادیر زیادی کادمیوم حاصل می‌شود. لجن فاضلاب‌ها می‌تواند حاوی مقادیر زیاد روی است. هم‌چنین صنایع آهن، استیل، فلزات غیرآهنی و گردوغبار حاوی مقادیری کادمیوم هستند (Clerk، ۱۹۹۲). از آنجائی که کادمیوم آلوده‌کننده‌ای است که منشأ انسانی دارد، دامنه تغییر غلظت زیادی از آن انتظار می‌رود و عموماً رسوبات ساحلی و مصبی در مقایسه با اقیانوس‌های باز از میزان کادمیوم بیش‌تری برخوردار هستند. رسوبات کشورهای صنعتی شده به‌طور نسبی غلظت کادمیوم بیش‌تری نسبت به کشورهای در حال توسعه دارند. هم‌چنین در حوزه‌های ساحلی که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارند نیز غلظتی بالاتر از حد معمول کادمیوم انتظار می‌رود (Sadige، ۱۹۹۲). وجود صنایع آلوده کننده در طول خطوط سواحل شمالی دریای عمان مانند کارخانه‌های تولید روی، مس، آلومینیوم و صنایع فلزی و تولید مواد معدنی می‌تواند منابع قابل ملاحظه‌ای از تخلیه کادمیوم در سرتاسر سواحل دریای عمان باشند. به‌نظر می‌رسد کادمیوم می‌تواند از صنایع متفاوت کانونی وارد آب دریا شده و در رسوبات نشست نماید. در همین ارتباط بررسی کتال محسنی (۱۳۸۱) در خصوص بررسی میزان آلودگی آب‌های ساحلی بندرعباس به فلز کادمیوم نشان داد که سواحل نزدیک به محل تخلیه پساب پالایشگاه و اسکله نفت و نیروگاه از آلودگی بیش‌تری برخوردار بودند. نتایج مطالعه مذکور هم‌چنین بیانگر آلودگی بیش‌تر در سواحل

استانداردهای جهانی WHO و NHMRC بالاتر بود. در بافت هر دو گونه غلظت کادمیوم در مقایسه با آستانه استانداردهای NHMRC و سازمان استاندارد ملی و غلظت جیوه در مقایسه با آستانه استاندارد WHO بالاتر بود.

WHO، FDA و NHMRC در جدول ۶ ارائه شده است. در مقایسه با استانداردهای ارائه شده غلظت فلز سرب در بافت صدف دوکفه‌ای در هر دو شرایط قبل و بعد از بروز پدیده مانسون در مقایسه با آستانه استاندارد جهانی WHO بالاتر بود. مقدار مس اندازه‌گیری شده نیز در بافت صدف دوکفه‌ای و میگوی سفید هندی در مقایسه با آستانه

جدول ۶: مقایسه میانگین غلظت سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت دوکفه‌ای اویستر صخره‌ای و میگوی سفید هندی با حدود استانداردهای جهانی (ppm)

| منابع | فلزات سنگین | | | | استانداردها |
|-----------------------------|-------------|---------|-------|------|-----------------------------|
| | جیوه | کادمیوم | مس | سرب | |
| WHO (۱۹۹۵) | ۰/۱۰ | ۰/۲۰ | ۱۰ | ۰/۵۰ | WHO |
| FDA (۲۰۱۱) | ۰/۰-۱۰/۵۰ | ۱ | - | ۵ | FDA |
| Darmon و Denton (۱۹۹۰) | ۱ | ۰/۰۵ | ۱۰ | ۱/۵ | NHMRC |
| Movahed و همکاران (۲۰۱۳) | ۵۰۰* | ۰/۱۰ | ۲۰ | ۱ | استاندارد ملی ایران |
| قبل از مانسون (مطالعه حاضر) | ۰/۲۰ | ۰/۱۳ | ۱۲/۷۶ | ۰/۵۵ | <i>Saccostrea cucullata</i> |
| بعد از مانسون (مطالعه حاضر) | ۰/۲۱ | ۰/۱۶ | ۱۲/۶۸ | ۰/۵۹ | |
| قبل از مانسون (مطالعه حاضر) | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۱۲/۷۶ | ۰/۴۳ | <i>Penaeus indicus</i> |
| بعد از مانسون (مطالعه حاضر) | ۰/۱۴ | ۰/۱۵ | ۱۱/۷۱ | ۰/۴۳ | |

* بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم وزن تر

هندی در بین ایستگاه‌های مختلف سواحل شمالی دریای عمان وجود دارد، غلظت کادمیوم در بافت خوراکی صدف دوکفه‌ای و غلظت مس در بافت عضله میگوی سفید هندی در شرایط قبل و بعد از بروز مانسون از تغییرات معنی‌داری برخوردار بود، غلظت مس به‌عنوان یک فلز ضروری تجمع بیش‌تری در مقایسه با سایر فلزات (سرب، کادمیوم و جیوه) داشت، بیش‌ترین میزان تجمع فلزات سنگین در دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار ثبت شد و این دو ایستگاه به‌عنوان آلوده‌ترین ایستگاه‌ها معرفی شدند. در توجیه این نتایج وجود غلظت‌های بالا از فلزات سنگین در مناطق تحت بررسی را احتمالاً می‌توان ناشی از تردد، تعمیر و رنگ‌کاری کشتی‌ها و نفت‌کش‌ها و مجاورت این مناطق با صنایع پتروشیمی و فعالیت‌های ماهیگیری و وجود منابع آلوده‌کننده نظیر فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی در این مناطق دانست.

منابع

۱. پورباقر، ه؛ حسینی، س. و؛ خراسانی، ن؛ حسینی، س. و دلفیه، پ، ۱۳۹۲. مقدار فلزات سنگین در عضله میگوی سفید هندی (*Fennerpenaeus indicus*). نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۷، شماره ۱، صفحات ۱۳ تا ۲۴.
۲. خشنود، ر، ۱۳۸۵. بررسی تجمع فلزات سنگین (جیوه، سرب، کادمیوم، واندیوم و نیکل) در دو گونه از کفشد ماهیان بندرعباس و بندرلنگه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۱۲۷ صفحه.

در تأیید این نتایج Fowler و همکاران (۱۹۹۳) با بررسی غلظت فلزات سرب و مس در بافت عضله سه گونه از دوکفه‌ای‌های خلیج فارس مقدار این فلزات سنگین را به‌ترتیب ۲/۳-۳/۸ و ۲/۳-۸/۷ و ۳/۳-۴/۶ پی.پی.ام در گونه *Meretrix meretrix*، ۳/۳-۳/۹ و ۰/۳-۳/۹ پی.پی.ام در گونه *Pinctada margritifera* و ۰/۰۶-۰/۳ و ۲۰-۲۱۲ پی.پی.ام در گونه *Saccostrea cucullata* گزارش دادند. de Mora و همکاران (۲۰۰۴) نیز غلظت سرب و مس در بافت عضله صدف دوکفه‌ای *S. cucullata* در دریای عمان را به‌ترتیب ۰/۳-۰/۶ و ۶۰/۹-۲۷۶ پی.پی.ام گزارش دادند. در مطالعه عین‌الهی‌پیر و همکاران (۱۳۸۹) غلظت عناصر سرب، مس در بافت نرم صدف *S. cucullata* صید شده از سواحل چابهار بالاتر از میزان مصرف روزانه گزارش شد. در تحقیق اشاره شده غلظت مس از استانداردهای WHO و USFDA و موسسه استاندارد ملی ایران و غلظت فلز سرب از حد استاندارد FAO بالاتر بود. در مطالعه‌ای دیگر شیرالی و قطب‌الدین (۱۳۹۴) نیز میانگین غلظت کادمیوم، نیکل و روی را در بافت‌های آبشش، عضله و هیپاتوپانکراس کم‌تر از استانداردهای WHO، FDA، NHMRC و وزارت کشاورزی شیلات انگلستان گزارش دادند. در مطالعه پورباقر و همکاران (۱۳۹۲) میانگین غلظت کادمیوم، کروم، مس، آهن، جیوه، منگنز، نیکل، سرب و روی در بافت عضله میگوی سفید هندی در مقایسه با حد مجاز تعیین شده از طرف سازمان‌های معتبر جهانی (USEPA، NHMRC)، WHO، MAFF (New Zealand) نشان داد که به‌جز نیکل، تمامی فلزات تحت بررسی کم‌تر از حد مجاز قرار داشتند. در مجموع بر اساس نتایج تحقیق حاضر مشخص شد که: اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اویستر صخره‌ای و میگوی سفید



۳. رضوی، س.م.ر.؛ وهابزاده، ح.؛ زمینی، ع.ع.؛ عسگری ساری، ا. و ولایتزاده، م.؛ ۱۳۹۱. اندازه گیری و مقایسه میزان فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در عضله و پوسته میگوی سفید هندی در خلیج فارس (بحرکان استان خوزستان). مجله آبریان و شیلات. دوره ۳، شماره ۹. صفحات ۴۹ تا ۵۳.
۴. سقلی، م.؛ یادگاریان، ل.؛ حسینی، س.ع. و مخدومی، ن.م.؛ ۱۳۸۸. بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین (Cd و Hg, Pb, Zn) در بافت عضله میگوی سفید هندی (*Penaeus indicus*) پرورشی منطقه گمیشان (استان گلستان)، منطقه کلاهی (استان هرمزگان) و میگوی دریای خزر (*Penaeus elegans*). مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. دوره ۴، شماره ۱، صفحات ۸۷ تا ۹۵.
۵. شیرالی، ب. و قطب الدین، ن.؛ ۱۳۹۴. غلظت فلزات سنگین (Ni, Cd, Zn) در آبشش، عضله و هیپوتوپانکراس میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) در سایت پرورش میگوی چوئیده آبادان. مجله زیست شناسی دریا. دوره ۷، شماره ۲۵، صفحات ۶۵ تا ۷۲.
۶. عظیمی، ع.؛ صفاهیه، ع.ر. و دادالهی سهراب، ع.؛ ۱۳۹۲. مقایسه تجمع زیستی جیوه و کادمیوم در بافت نرم صدف دوکفه ای *Crassostrea sp.* طی در معرض گذاری آزمایشگاهی. مجله اقیانوس شناسی. سال ۴، شماره ۱۵، صفحات ۳۹ تا ۴۷.
۷. عین الهی پیر، ف.؛ صفاهیه، ع.ر.؛ دادالهی سهراب، ع. و سواری، ا.؛ ۱۳۸۹. تجمع فلزات سنگین (مس، سرب و نیکل) در رسوب و دوکفه ای *Saccostrea cucullata* در ناحیه بین جزر و مدی چابهار. مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۱۰ تا ۲۵.
۸. فقیری، ا.؛ صفاهیه، ع.ر.؛ جوهری رنگ، م.؛ عیدی وند، س.؛ نیکپور، ی.ا.؛ سواری، ا. و عبداللهی مامودان، س.؛ ۱۳۸۹. بررسی میزان فلزات سنگین (جیوه، مس، سرب) در بافت نرم صدف دوکفه ای *Crassostrea gigas* در بندر امام خمینی. دوازدهمین همایش صنایع دریایی. ایران، زبکانار، ۲۷ الی ۲۹ مهر ماه.
۹. کتال محسنی، م.؛ ۱۳۸۱. بررسی آلودگی های محیط زیست دریایی ناشی از فعالیت های صنعتی و معدنی غرب بندرعباس. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران.
۱۰. کوسج، ن.؛ جعفریان، ج.ا.؛ رحمانی، ع.ا.؛ پاتیمار، ع.ا. و قلی پور، ح.؛ ۱۳۹۵. مطالعه و اندازه گیری برخی عناصر فلز (سرب، نیکل، روی، مس و آهن) در بافت عضله میگوی سر تیز (*Metapenaeus affinis*) در استان هرمزگان. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۶، شماره ۱، صفحات ۱۷۹ تا ۱۸۹.
۱۱. موحد، ع.؛ دهقان، ع. و؛ حاجی حسینی، ر.؛ اکبرزاده، ص.؛ زنده بودی، ع.ع.؛ نفیسی بهابادی، م.؛ محمدی، م.م.؛ حاجیان، ن.؛ پاکدل، ف.؛ حفظ الله، ع. و ایران پور، د.؛ ۱۳۹۲. بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت خوراکی میگوهای نمونه برداری شده از
- آب های سواحل استان بوشهر. فصلنامه طب جنوب. دوره ۱۶، شماره ۲، صفحات ۱۰۰ تا ۱۰۹.
۱۲. موحدی، ح.؛ فتح الهی، م.؛ پیرعلی، ا.؛ زمانی، ا. و محمودی، ر.؛ ۱۳۹۵. دوکفه ای *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774): شاخص زیستی نشان دهنده فلزات سنگین در زیستگاه های رودخانه زاینده رود. مجله بوم شناسی آبریان. دوره ۶، شماره ۳، صفحات ۳۳ تا ۴۴.
۱۳. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۳۹۴. ارزیابی ذخایر و ارائه راهکارهای مدیریتی در راستای بهره برداری پایدار از ذخایر آبریان. ۹۴-۲۶ ک، ۷۳ صفحه.
۱۴. ولایتزاده، م. و عسگری ساری، ا.؛ ۱۳۹۳. بررسی و مقایسه تجمع آرسنیک، سرب و روی در عضله میگوی وانامی (*Litopenaeus Vannamei*) و میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) پرورشی ایران. فصلنامه زیست شناسی جانوری. دوره ۶، شماره ۴، صفحات ۹۱ تا ۹۸.
۱۵. APHA. 2005. American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association.
۱۶. Bello, G. and Piptone, C., 2002. Predation on Cephalopods by the Giant Red Shrimp *Arisaempha Foliacea*, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Vol. 82, pp: 213-218.
۱۷. Blasco, J.; Arias, A.M. and Saenz, V., 2002. Heavy metal concentrations in *Squilla mantis* (L.) (Crustacea, Stomatopoda) from the Gulf of Cadiz Evaluation of the impact of the Aznalcollar mining spill. Environment International. Vol. 28, pp: 111-116.
۱۸. Bryan, G.W., 1971. The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. Proceedings of the Royal Society of London. B, No, 177389, 410 p.
۱۹. Bryan, G.W., 1974. Adaptation of an estuarine Polychaete to sediments containing high concentrations of heavy metals. In: Pollution and physiology of marine organisms. Vernberg, F.J. and Vernberg, W.B., (eds.). Academic Press London. pp: 123-135.
۲۰. Clark, R.B., 1992. Marin Pollution. 3rd edition. Clarendon press. Oxford. University of Newcastle upon Tyne. pp: 77-80.
۲۱. Clerck, R de.; Vyncke, W.; Guns, M. and Hoeyweghen, P.V., 1995. Concentrations of mercury, cadmium, copper, zinc and lead in sole from Belgian catches (1973-1991). Mededelingen Faculteit Lanbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen. Universiteit Gent (Belgium). Vol. 60, pp: 1-6.
۲۲. Cogun, H.Y.; Yuzeroglu, T.A.; Firat, O.; Gok, G. and Kargin, F., 2006. Metal concentrations in fish species from the Northeast Mediterranean Sea. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 121, pp: 431-438.
۲۳. Coteur, G.; Gosselin, P.; Wantier, P.; Chambost-Manciet, Y.; Danis, B.; Pernet, Ph.; Warnau, M. and Dubois, P., 2003. Echinoderms as bioindicators, bioassays, and impact assessment tools of sediment associated metals and PCBs in the North Sea. Arch. Environ. Contam. Toxicol. Vol. 45, pp: 190-202.
۲۴. Darmono, D. and Denton, G.R.W., 1990. Heavy metals concentration in the banana prawn *Penaeus merguensis* and leader prawn *P. monodon* in the Townsville region of Australia. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 44, pp: 479-486.
۲۵. de Mora, S.; Fowler, S.W.; Wyse, E. and Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves,

- and Iranpour, D., 2013.** Evaluation of heavy metals in the tissues of different species of shrimps collected from coastal waters of Bushehr, Persian Gulf. Iranian South Medical Journal. Vol. 16, No. 2, pp: 100-109.
۴۳. **Norum, U.; Lai, V.W. and Cullen, W.R., 2005.** Trace element distribution during the reproductive cycle of female and male spint and pacific scallops, with implication for biomonitoring. Marine Pollution. Vol. 50, pp: 148-175.
۴۴. **Packer, D.; Ireland, M. and Wootton, R. 1980.** Cadmium, copper, lead, zinc and manganese in the polychaete *Arenicola marina* from sediments around the coast of Wales. Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological. Vol. 22, No. 4, pp: 309-321.
۴۵. **Reynolds, R.M., 1993.** Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz and the Gulf of Oman- Results from the Mt. Mitchell Expedition. Marine Pollution Bulletin. Vol. 27, pp: 35-59.
۴۶. **Roper, D.S. and Primor, R.D., 1991.** Pollution related differences in the codition cycle oyster *Crassostrea gigas* from Manukua Harbur, New Zealand. Marine Environmental Research. Vol. 31, pp: 179-214.
۴۷. **Sadige, M., 1992.** Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker, Inc. Suzanne, K. and Marcy, M., 2001. Trends and Effects of Heavy metals in the Arctic Monitoring and assessment Program. U.S. Envirmental Protection Agency.
۴۸. **Swartz, R.C. and Lee, H., 1980.** Biological processes affecting the distribution of pollutants in marine sediments. Part I accumulation, trophic transfer, biodegration and migration. In: Contaminants and sediments: analysis, chemistry biology. Baker, R.A., (ed.). Ann Arbor Science Publ., Inc. Vol. 2, pp: 553-533.
۴۹. **Ugolini, A.; Borghini, F.; Calosi, P.; Bazzicalupo, M.; Chelazzi, G. and Focardi, S., 2004.** Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination. Marine Pollution Bulletin. Vol. 48, pp: 526-532.
۵۰. **Unlu, S.; Topcuoglu, S.; Alpar, B.; Kirbasoglu, C. and Yilmaz, Y.Z., 2008.** Heavy metalpollution in surface sedimentns and mussel samples in the Gulf of Gemlike. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 144, pp: 169-178.
۵۱. **Van Duren, L.A.; Herman, P.M.J.; Sandee, A.J.J. and Heip, C.H.R., 2006.** Effects of muscle filtering activity on boundary layer structure. Journal of Sea Researches. Vol. 55, pp: 3-14.
۵۲. **WHO. 1995.** Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Part 1 Implications for Policy Markers. 25 p.
۵۳. **Wu, J.P. and Chen, H.Ch., 2005.** Metallothionein induction and heavy metals accumulation in white shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to cadmium and zinc. Comparative Biochemistry and Physiology. Part C. Vol. 140, pp: 383-394.
- fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman, Marine Pollution Bulletin. Vol. 49, pp: 410-424.
۲۶. **Delman, O.; Demirak, A. and Balci, A. 2006.** Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry. Vol. 26, pp: 157-162.
۲۷. **Demirak, A.; Yilmaz, F.; Tuna, A.L. and Ozdemir, N., 2006.** Heavy metals in water, sediment and tissue of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere. Vol. 63, pp: 1451-1458.
۲۸. **Doyle, C.J.; Pablo, F.; Lim, R.P. and Hyne, R.V., 2003.** Assesment of metal toxicity in sediment pore water from Lake Macquarie, Australia). Journal of Environmental Contamination Toxicology. Vol. 44, pp: 343-350.
۲۹. **Eisler, R., 1985.** Cadmium hazards to fish, wildlife and invertebrates. A synoptic review. US Fish and Wildlife Service Report 85, Washington, DC, USA. Vol. 85, pp: 39-46.
۳۰. **FDA. 2011.** Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance, 14th edition. Department of health and human service public health food and drug administration center for food safety and applied nutrition of food safety. 476 p.
۳۱. **Fernanda, J.V.; Flavia, E.A.; Alicia, F.C. and Alejandra, V., 2003.** Identification of fish stocks of river Crocker (*Plagioscion ternetzi*) in Paraná and Paraguay rivers by Otolith morphometry. Estenban Avigliano University of Buenos Aires.
۳۲. **Fowler, S.W.; Readman, J.W.; Oregioni, B.; Villeneuve, J.P. and Mckay, K., 1993.** Petroleum hydrocarbons and trace metals in nearshore Gulf sediments and biota befor and after the 1991 war: an assessment of temporal and spatial trends. Marine Pollution Bulletin. Vol. 27, pp: 171-182.
۳۳. **Geffard, A.; Quéau, H.; Dedourge, O.; Biagianti-Risboug, S. and Geffard, O., 2007.** Influence of biotic and abiotic factors on metallothionein level in *Gammarus pulex*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C. Vol. 145, No, 4, pp: 632-640.
۳۴. **Giffords, S.; Dunstan, R.H.; Connor, W.O.; Roberts, T. and Tioa, R., 2004.** Pearl Aquaculture. Profitable. Environmental. The Science of the Total Environmental. Vol. 319, pp: 27-37.
۳۵. **Golovanova, I.L., 2008.** Effect of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. Inland Water Biology. Vol. 1, pp: 93-101.
۳۶. **Gulec, A.K.; Yildirim, N.C.; Danabas. D. and Yildirim, N., 2011.** Some haematological and biochemical parameters in common carp *Cyprinus carpio* L 1758 in Munzur River, Tunceli, Turkey. Asian Journal of Chemistry. Vol. 23, No. 2, pp: 910-912.
۳۷. **Hamed, M.A. and Emara, A.M., 2006.** Marine molluscs as biomonitors for heavy metal levels in the Gulf of Suez, Red Sea. Journal of Marine Systems. Vol. 60, pp: 220-234.
۳۸. **Han, B.C. and Hung, T.C., 1990.** Green oysters caused by copper pollution on the Taiwan coast. Environmental Pollution. Vol. 65, pp: 347-362.
۳۹. **Langston, W.J. and Spence, S.K., 1994.** Metal Analysis. In Calow P (ed) Handbook of Ecotoxicology, Blackwell Scientific, Oxford, UK. pp: 45-78.
۴۰. **Le, Q.D.; Shirai, K.; Nguyen, D.C.; Miyazaki, N. and Arai, T., 2009.** Heavy metals in a tropical eel *Anguilla marmorata* from The Central Part of Vietnam. Water, Air, & Soil Pollution. Vol. 204, pp: 69-78.
۴۱. **MOOPAM. 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. 3rd ed, Kuwait. 321 P.
۴۲. **Movahed, A.; Dehghan, A.; Haji Hosseini, R.; Akbarzadeh, S.; Zendehboudi, A.A.; NafisiBehabadi, M.; Mohammadi, M.M.; Hajian, N.; Pakdel, F.; Hefzulla, A.**

