بررسی اویستر *Saccostrea cucullata* به‌عنوان پایشگر زیستی فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در منطقه بین جزر و مدی جزیره هرمز، خلیج فارس

زهرا باقری[۱]، علیرضا ریاحی بختیاری[۲*]، هاشم خندان بارانی[۳]

۱- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، استان مازندران، نور، پست الکترونیکی: bagheri.zahra@rocketmail.com

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، استان مازندران، نور، پست الکترونیکی: riahi@modares.ac.ir

۳- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه زابل، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، استان سیستان و بلوچستان، زابل، پست الکترونیکی: hashem.barani@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۸ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۶*

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

غلظت فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی، پوسته و بافت نرم اویستر *Saccostrea cucullata* از ۳ ایستگاه در منطقه جزر و مدی جزیره هرمز جمع‌آوری و سپس اندازه‌گیری شد. غلظت فلزات توسط اسپکترومتر جذب اتمی شعله‌ای (FAAS) تعیین گردید. نتایج نشان داد روند تجمع غلظت فلزات در بافت نرم به‌صورت روی> مس> سرب> کادمیوم و برای پوسته به‌ترتیب به‌صورت سرب> روی> مس> کادمیوم است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فلزات سرب ($P<۰/۰۵$، $r= ۰/۹۷$)، کادمیوم ($P<۰/۰۵$ و $r= ۰/۷۹$)، روی ($P<۰/۰۱$ و $r= ۰/۹۹$) و مس ($P<۰/۰۵$ و $r= ۰/۷۷$) در بافت نرم اویستر و رسوبات یافت شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فلز سرب در پوسته و رسوبات وجود نداشت. درصد عامل ضریب تغییرات (CV٪) برای سرب در پوسته کمتر از بافت نرم به‌دست آمد، در حالی‌که مقادیر این ضریب برای مس، روی و کادمیوم در بافت نرم پایین‌تر از پوسته تعیین گردید. نتایج این تحقیق نشان دهنده آن است که پوسته صدف *S. cucullata* به‌عنوان پایشگر زیستی مناسب برای فلز سرب و بافت نرم آن برای فلزات مس، روی و کادمیوم پیشنهاد می‌گردند.

کلمات کلیدی: *Saccostrea cucullata، فلزات، پایشگر زیستی، جزیره هرمز.*

۱. مقدمه

فلزات از جمله مهم‌ترین و تأثیرگذارترین آلاینده‌های زیست‌بوم دریایی بوده که از طریق عوامل طبیعی همچون فعالیت‌های آتشفشانی، فعالیت‌های جوی، آتش‌سوزی‌ها، فرسایش، رسوب‌گذاری و هوازدگی سنگ‌ها وارد طبیعت می‌شوند و به‌دلیل خاصیت خودپالایی طبیعت مقداری از این فلزات و آلودگی‌ها تجزیه می‌شوند. مشکل اصلی در مورد

فعالیت‌های انسانی است که می‌توان به فاضلاب‌های صنعتی، فاضلاب‌های شهری، پساب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های بیمارستانی، معدن کاوی و صنعت فلزکاری اشاره کرد که طیف وسیعی از آلاینده‌ها به‌خصوص فلزات را وارد محیط‌های آبی می‌نمایند و از منابع بالقوه آلودگی فلزات در محیط آبی به‌شمار می‌روند (دودی، ۱۳۸۱). وجود بیش از حد فلزات در زیست‌بوم‌های آبی می‌تواند روی رسوبات و موجودات زنده تاثیر بگذارد. فلزات در رسوبات در طول زمان، می‌توانند در موجودات دریایی همچون صدف‌های دوکفه‌ای تجمع یابند. نرم‌تنان دوکفه‌ای توانایی تجمع فلزات را اغلب در سطوح خیلی بالاتر از آنچه که در ستون آبی و رسوب یافت می‌شود نشان می‌دهند. آن‌ها نماینده آلودگی در یک منطقه هستند به همین دلیل از آن‌ها برای پایش کیفیت آب‌های ساحلی استفاده می‌گردد (Maanan, 2008; Pourang et al., 2010).

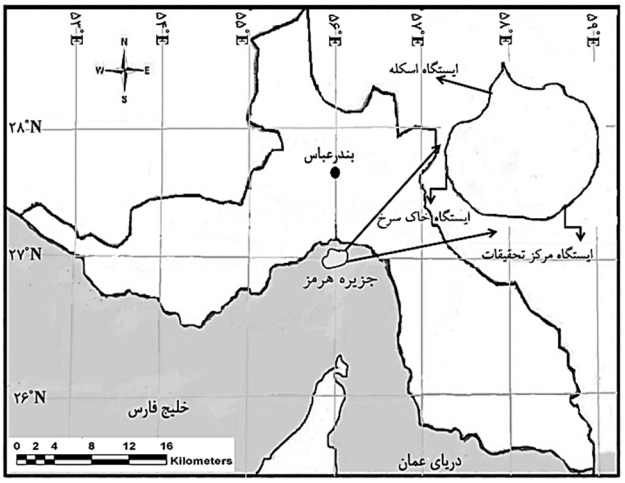
به‌عنوان یک قاعده کلی، همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین غلظت‌های آلاینده‌ها در بافت‌های موجود زنده و محیط پیرامونی بیانگر آن است که آن موجود می‌تواند به‌عنوان پایشگر زیستی معرفی گردد. در واقع راه دیگر برای ارزیابی فلزات در محیط‌های آبی، اندازه‌گیری غلظت این فلزات در دوکفه‌ای‌ها و استفاده از آن‌ها به‌عنوان پایشگر زیستی است (Yap et al., 2002). از مطالعاتی که در زمینه تحقیق حاضر صورت گرفته می‌توان به مطالعات مرتضوی و همکاران (۱۳۸۱)، اشجع اردلان و همکاران (۱۳۸۵)، ریاحی و همکاران (۱۳۸۶)، Rainbow و همکاران (۲۰۰۰)، Yap و همکاران (۲۰۰۳) اشاره کرد. اویسترها به‌طور گسترده برای انسان به‌عنوان غذا مصرف می‌شوند و بنابراین به‌طور تجاری به بازار عرضه می‌شوند. آنها منبع عالی پروتئین و فیبر هستند، لذا با توجه به ارزش تغذیه‌ای و اقتصادی اویستر *S. cucullata* ضروری است تا به تعیین غلظت فلزات (Pb، Cd، Cu و Zn) در بافت نرم و پوسته این گونه پرداخته شود. از اهداف دیگر این مطالعه بررسی ارتباط بین غلظت فلزات در رسوبات سطحی و بافت نرم اویستر به‌منظور تعیین پتانسیل استفاده از اویستر *S. cucullata* به‌عنوان پایشگر زیستی مناسب برای آلودگی فلزات در منطقه جزر و مدی سواحل جزیره هرمز است.

۲. مواد و روش‌ها

برای انجام این بررسی در اسفند ماه ۱۳۸۸ اقدام به نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از رسوبات و اویسترهای سه ایستگاه از سواحل جزیره هرمز گردید (جدول ۱، شکل ۱). نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، کدگذاری شدند و سپس با ذکر مشخصات در کیسه‌های پلاستیکی و در درون یونولیت‌های محتوی یخ گذاشته شدند و به آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس (نور، مازندران) انتقال یافتند و تا زمان بررسی بعدی در سردخانه با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. جدول ۱ مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه، طول پوسته (Cm) و تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه، طول پوسته (Cm) و تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده

شماره	ایستگاه	نمونه صدف	میانگین طول پوسته	نمونه رسوب	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	مرکز تحقیقات	۱۲	۴/۴۲	۹	۲۷°۰۴′ ۲۴″	۵۶°۴۳′ ۳۶″
۲	خاک سرخ	۱۲	۵/۴	۹	۲۷°۱۰′ ۲۵″	۵۶°۴۵′ ۳۰″
۳	اسکله	۱۲	۶/۶۶	۹	۲۷°۰۴′ ۲۴″	۵۶°۴۹′ ۲۰″



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سواحل جزیره هرمز در سال ۱۳۸۸

پس از بیومتری، برای به‌دست آوردن وزن خشک نمونه‌های بافت نرم و پوسته صدف صخره‌ای، نمونه‌ها در آون در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند تا به وزن ثابتی برسند. همچنین نمونه‌های رسوب به مدت حداقل ۱۶ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند تا به وزن ثابتی رسیدند (Tanner et al., 2000; Yap et al., 2002). سپس بافت نرم به‌وسیله هاون چینی و پوسته به‌وسیله آسیاب برقی پودر و یکنواخت شدند. جهت هضم حدود ۱ گرم از هر نمونه خشک شده (بافت نرم، پوسته اویستر و رسوب) توسط ترکیبی از اسید نیتریک (۶۹ درصد) و اسید پرکلریدریک (۶۰ درصد) به نسبت ۴:۱ بر روی دستگاه هضم‌کننده (Hot block digester) ابتدا در دمای

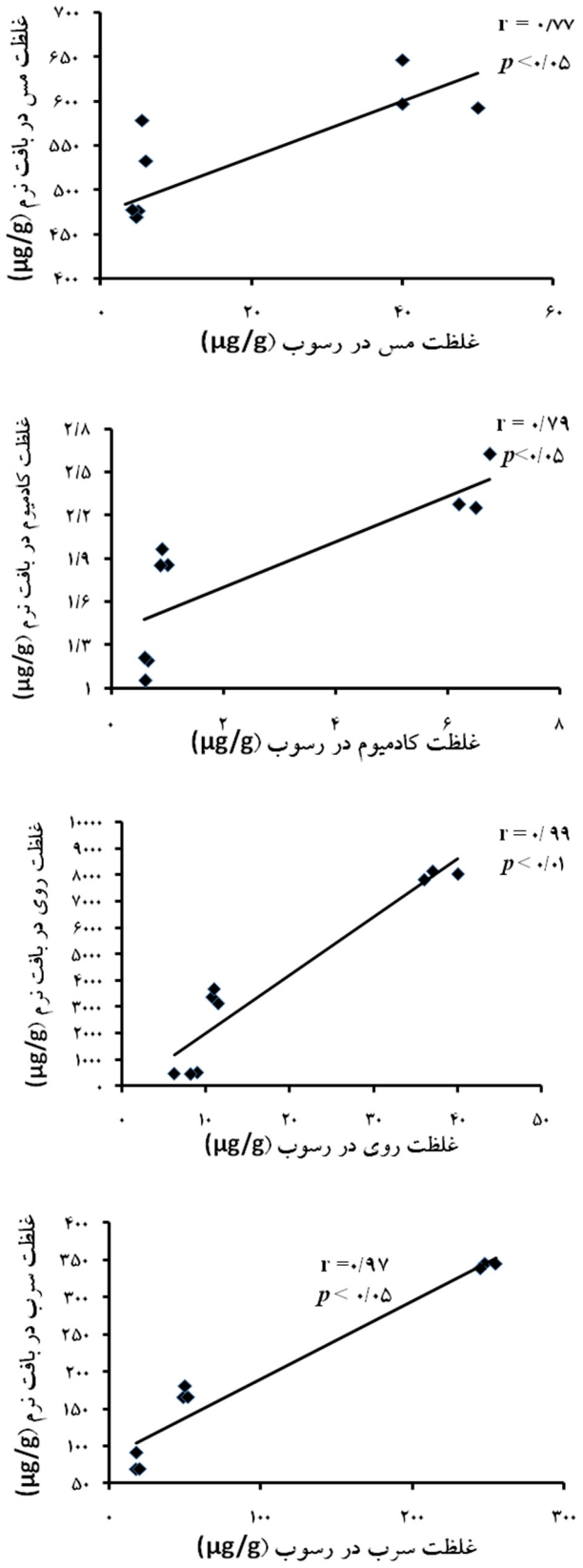
پایین (۴۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱ ساعت و سپس در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت هضم شدند. نمونه‌های هضم‌شده (digested) تا حجم ۲۵ mL با آب دیونیزه رقیق و سپس با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شدند. سپس محلول صاف شده در ظروف پلی‌اتیلنی مخصوص در یخچال نگهداری شدند (Ismail, 1993; Ismail and Rosniza, 1997). در نهایت غلظت فلزات در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی فیلیپس (pu ۹۴۰۰) اندازه‌گیری و نتایج بر حسب (µg/g) ماده خشک تعیین گردید. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها، داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نرمال‌سازی شدند. برای مقایسه اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه از آزمون هموژنیتی واریانس‌ها یا Levene test و آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و همچنین جهت گروه‌بندی ایستگاه از نظر آلودگی از حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده گردید. برای تعیین همبستگی بین غلظت فلزات در رسوبات سطحی و بافت نرم اویستر از آنالیز همبستگی پیرسون استفاده شد. تمامی آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS مدل ۱۷ انجام گرفت (Haidari et al., 2012; Salahshur et al., 2012; Chaharlang et al., 2012). در این مطالعه از عامل درصد ضریب تغییرات (CV٪) به منظور بررسی درجه تغییرپذیری غلظت فلزات در بافت نرم و پوسته اویستر کمک گرفته شد که مقدار این ضریب از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

رابطه ۱ $CV\%=(SD/X)\times 100$

SD: انحراف استاندارد نمونه، X: میانگین نمونه

۳. نتایج

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های بافت نرم و پوسته اویسترها در جدول ۲ آورده شده است. نتایج مبین آن است که روند تجمع فلزات در بافت نرم به‌صورت Cd <Pb <Cu <Zn و برای پوسته به‌ترتیب به‌صورت Cd <Cu <Zn <Pb است. نتایج حاصل از آزمون همبستگی در شکل ۲ نشان از همبستگی مثبت و معنی‌دار بین غلظت فلزات در بافت نرم با رسوبات منطقه است. اختلاف معنی‌دار در تجمع فلزات در ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. بیشترین غلظت فلزات در رسوبات ایستگاه ۲ و کمترین غلظت فلزات در رسوبات ایستگاه ۱ گزارش شده است.



شکل ۲: همبستگی بین غلظت فلزات (µg/g) در بافت نرم صدف *S. cucullata* و رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۲: میانگین غلظت فلزات Cd، Cu، Pb و Zn بر حسب (µg/g) در بافت نرم و پوسته اویسترها در ایستگاه‌های جزیره هرمز (ST: بافت نرم، Sh: پوسته، ST/Sh: پوسته/بافت نرم)

ایستگاه	Cd_{ST}	Cd_{Sh}	ST/Sh	Cu_{ST}	Cu_{Sh}	ST/Sh	Pb_{ST}	Pb_{Sh}	ST/Sh	Zn_{ST}	Zn_{Sh}	ST/Sh
۱	۱/۱۵	۰/۸	۱/۴	۴۴۷/۵	۴/۹	۹۱	۷۶/۵۵	۱۷۵/۶۲	۰/۴۴	۴۸۷	۸/۱	۶۰
۲	۲/۴	۰/۹	۲/۷	۶۱۱/۷	۵/۲	۱۱۴	۳۴۲/۴۱	۶۱۳/۹۴	۰/۵۶	۷۹۸۸	۲۰/۷	۳۸۵
۳	۱/۹	۰/۹	۲/۱	۵۲۹/۴	۴/۸	۱۰۹	۱۷۰/۵۴	۳۵۸/۴۲	۰/۴۸	۳۳۹۰	۱۸/۴	۱۸۴

نتایج تست حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) بیانگرآن است که اگرچه در تجمع فلز Pb و Zn در سه ایستگاه اختلاف معنی‌داری وجود دارد، اما برای Cu و Cd ایستگاه‌های ۱ و ۳ اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد، درحالی‌که با ایستگاه ۲ اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. جدول ۴ ضریب تغییرات فلزات در ۳۶ نمونه بافت نرم و پوسته اویستر را نشان می‌دهد. نتایج ضریب تغییرات برای فلزات Cu، Zn، Cd در بافت نرم اویستر پایین‌تر از پوسته به‌دست آمد و در نقطه مقابل، پوسته ضریب تغییرات پایین‌تری برای فلز Pb را نشان داد.

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار (µg/g) فلزات در رسوبات سطحی از ایستگاه‌های جزیره هرمز (a>b>c) (میانگین و انحراف معیار: Means±SD)

ایستگاه	Cd	Cu	Pb	Zn
۱	۰/۶۱±۰/۰۳^{b}	۴±۰/۹۵^{b}	۱۸/۵۷±۱/۲۵^{b}	۸±۱/۴۱^{c}
۲	۶/۴۸±۰/۲۸^{a}	۴۳±۵/۷۷^{a}	۲۴۹/۳۳±۵/۱۳^{a}	۳۸±۲/۰۸^{a}
۳	۰/۹۲±۰/۰۷^{b}	۵±۰/۹۰^{b}	۵۰/۳۳±۱/۵۲^{c}	۱۱±۰/۳۸^{b}

جدول ۴: مقایسه ضریب تغییرات (CV%) فلزات مختلف بین بافت نرم و پوسته *S. cucullata*

فلز	تعداد نمونه	CV%
کادمیوم – بافت نرم	۳۶	۱۳/۹۳
کادمیوم – پوسته	۳۶	۱۶/۶۳
مس – بافت نرم	۳۶	۱۱/۹۱
مس – پوسته	۳۶	۱۵/۲۲
روی – بافت نرم	۳۶	۹/۹۶
روی – پوسته	۳۶	۱۶/۹۱
سرب – بافت نرم	۳۶	۱۲/۴۱
سرب – پوسته	۳۶	۶/۲۹

۴. بحث و نتیجه‌گیری

میانگین غلظت فلزات Cd، Cu، Pb و Zn در ۳ ایستگاه به‌ترتیب در محدوده‌ی ۰/۶۱–۰/۹۲ µg/g، ۴–۵ µg/g، ۱۸/۵۷–۲۴۹/۳۳ µg/g و ۸–۲۸ µg/g است. این نتایج نشان می‌دهد که فراوانی تجمع فلزات در رسوب به‌طور کلی می‌تواند به‌صورت Cd<Cu<Zn<Pb باشد. سطوح بالای Pb در بین ایستگاه‌های مختلف می‌تواند مبنی بر فعالیت‌های مختلف حمل و نقل نظیر تخلیه کشتی‌های باربری، قایق‌های ماهیگیری، کشتی‌سازی و دیگر فعالیت‌های ساحلی باشد (Peer et al., 2010). وجود مقادیر بالاتر فلزات در ایستگاه ۲ احتمالا به‌دلیل وجود یک معدن قدیمی در آن ناحیه است (Kazemi et al., 2011). در ایستگاه ۱ هم به‌دلیل آنکه در یک منطقه دور از سکنه واقع شده است، میزان فلزات در آن پایین‌تر از ۲ ایستگاه دیگر به‌دست آمد. عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین غلظت فلزات Cd و Cu در ایستگاه‌های ۱ و ۳ را می‌توان به‌دلیل یکسان بودن منابع منتشرکننده Cd و Cu در ۲ ایستگاه مورد مطالعه نسبت داد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در میان فلزات مورد بررسی Zn بالاترین و Cd پایین‌ترین غلظت را در بافت نرم دارا هستند. نتایج تحقیق مرتضوی و همکاران (۱۳۸۱)، Rojas de Astudillo و همکاران (۲۰۰۲)، Lio و Deng (۲۰۰۷) و Kanakaraju و همکاران (۲۰۰۸) نیز موید یافته‌های این تحقیق است. غلظت بالای فلز Zn و Cu در بافت نرم صدف‌های دوکفه‌ای در مقایسه با پوسته، می‌تواند به علت برقراری اتصال با گروه سولفیدریل (R-SH) در متالوتیونین‌ها باشد (Cadena-Ca´rdenas et al., 2009؛ Yap et al., 2008 ؛ Apeti et al., 2005)، و همچنین به‌دلیل نقش ضروری این فلزات برای رشد موجودات زنده باشد (Garcia-Rico et al., 2003). Cd و Pb از فلزات غیر ضروری برای صدف‌های دوکفه‌ای محسوب می‌شوند (Pourang et al., 2010) و تجمع پایین آنها مبنی برحضور مکانیسم سم‌زدایی فلزات در بی‌مهرگان آبزی است (Puente et al., 1996). بر اساس نتایج این تحقیق، Pb و Cd به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین غلظت در پوسته اویستر *S. cucullata* هستند. نتایج Yap و Cheng (۲۰۰۸) بیانگر آن است که غلظت Cd در پوسته *Nerita lineata* از سایر فلزات کمتر بوده است. بالا بودن Pb در پوسته نسبت به بافت نرم به‌دلیل آن است که ساختار پوسته در دوکفه‌ای‌ها متشکل از کربنات کلسیم و مواد آلی است. Pb در میان فلزات تمایل زیادی به جانشینی با کلسیم در پوسته صدف را داشته و بخش عمده‌ای از Pb از محیط پیرامون جایگزین کلسیم در پوسته می‌گردد. همچنین پوسته صدف به مرور زمان ارتباط مستقیمی با املاح شیمیایی موجود در ستون آب داشته و این املاح در شکل‌گیری پوسته نقش موثری ایفا

می‌نمایند؛ لذا پوسته صدف نسبت به بافت نرم رکورد پایدارتری از تجمع فلز Pb نسبت به محیط پیرامون خود نشان می‌دهد (Yap et al., 2003; Yap et al., 2006; Peer et al., 2010).

نتایج همبستگی در مورد Pb نشان داد که همبستگی مثبتی (P<۰/۰۵، r= ۰/۹۷) بین میزان فلز Pb در رسوبات و میزان آن در بافت نرم اویستر وجود دارد. این نتایج با یافته‌های Hayes و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت دارد که همبستگی مثبتی بین غلظت Pb در رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای به‌دست آورند. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری (P<۰/۰۵ و r= ۰/۷۹) میان غلظت فلز Cd در بافت نرم اویستر و رسوبات نیز به‌دست آمد. Haidari Chaharlang و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی همبستگی مثبت و معنی‌داری (P<۰/۰۱، r= ۰/۷۴) بین غلظت کادمیوم در بافت نرم *S. cucullata* و رسوبات سطحی به‌دست آوردند که دلالت بر بلع ذرات رسوب توسط نرم‌تنان صافی‌خوار، و متعاقباً جذب کادمیوم در بافت نرم اویسترها است.

علاوه بر آن، همبستگی مثبت و معنی‌داری (P<۰/۰۱ و r=۰/۹۹) میان غلظت فلز Zn در بافت نرم و رسوبات نیز به‌دست آمد. Diaz Rizo و همکاران (۲۰۱۰) نیز وجود همبستگی بالا میان غلظت فلز Zn در بافت نرم صدف *Crassostrea rhizophorae* و رسوبات را گزارش نمودند. نتایج این تحقیق همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌دار (P<۰/۰۵ و r= ۰/۷۷) در تجمع Cu در بافت نرم اویستر و رسوبات نیز نشان می‌دهد. این نتایج مطابق با مطالعات Yap و همکاران (۲۰۰۲) است که همبستگی معنی‌داری بین تجمع Cu در بافت نرم *Perna viridis* و رسوبات به‌دست آوردند.

درصد عامل ضریب تغییرات (CV٪) برای Pb (۶/۲۹) در پوسته کمتر از بافت نرم تعیین گردید، در حالی‌که این ضریب برای Zn (۹/۹۶)، Cu (۱۱/۹۱) و Cd (۱۳/۹۳) در بافت نرم پایین‌تر از پوسته به‌دست آمد. این عامل (CV٪) نشان‌دهنده‌ی دقت بیشتر داده‌ها برای Zn، Cu و Cd در بافت نرم نسبت به Pb در پوسته است. با توجه به Puente و همکاران (۱۹۹۶) و Yap و همکاران (۲۰۰۳)، ضریب تغییرات کمتر برای غلظت فلزات در یک بافت خاص، دقت و صحت بالاتر آن بافت را در استفاده به‌عنوان پایشگری زیستی فلزات نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از مقادیر بالاتر فلز Pb در پوسته اویستر و درصد عامل ضریب تغییرات پایین‌تر این فلز در پوسته می‌توان پیشنهاد کرد، پوسته اویستر *S. cucullata* قابلیت بیشتری برای پایشگری Pb نسبت به ۳ فلز دیگر دارا است و همچنین بافت نرم این صدف می‌تواند به‌عنوان پایشگر زیستی مناسب برای فلزات Zn، Cu و Cd در نظر گرفته شود.

منابع

اشجع اردلان، آ.؛ ربانی، م.؛ معینی، س.، ۱۳۸۵. مقایسه میزان فلزات سنگین (Cd، Pb، Cu، Zn و Hg) در آب، رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای آنادونت تالاب انزلی (*Anadonta cygnea*) در این نیمه دو فصل پاییز و بهار (۱۳۸۴-۱۳۸۳). پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، شماره ۷۳، صفحات ۱۱۳-۱۰۳.

باقری، ز.؛ ریاحی بختیاری، ع.؛ باقری، ح.، ۱۳۹۲. مطالعه تعیین غلظت و منشایابی فلزات سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس با تکنیک استخراج پی در پی. نشریه اقیانوس‌شناسی، شماره ۱۴، سال چهارم، صفحات ۳۳-۲۷.

دودی، س.، ۱۳۸۱. بررسی بسترهای طبیعی صدف خوراکی ساکوسترا موکوساتا در سواحل جنوبی جزیره قشم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز.

ریاحی بختیاری، ع.؛ مرتضوی، ث.، ۱۳۸۶. سنجش مقادیر سرب و کادمیوم در پوسته صدف مروارید ساز محار (*Pinctada radiata*) در سواحل بندر عباس، جزیره هندورابی. مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، شماره ۷۴، صفحات ۱۱۷-۱۱۱.

مرتضوی، ث.؛ اسماعیلی ساری، ع.؛ ریاحی بختیاری، ع.، ۱۳۸۱. سنجش میزان روی، سرب و کادمیوم در صدف خوراکی صخره‌ای (*Saccosterea cucullata*) در سواحل استان هرمزگان. مجله علوم دریایی ایران، سال ۲، شماره ۱، صفحات ۷۶ -۶۷.

Apeti, D.A.; Robinson, L.; Johnson, E., 2005. Relationships between heavy metal concentrations in the American oyster (*Crassostrea virginica*) and metal levels in the water column and sediment in Apalachicola Bay Florida. American. Journal of Environmental Sciences, 1(3): 179-186.

Cadena-Ca´rdenas, L.; Me´ndez-Rodrı´guez, L.; Zenteno-Savı´n, T.; Garcı´a-Herna´ndez, J.; Acosta-Vargas, B., 2009. Heavy metal levels in marine mollusks from areas with or without, mining activities along the Gulf of California, Mexico. Archives of Environmental

estuary, Southern China. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 78: 535-538.

Kazemi, A.; Riyahi Bakhtiari, A.; Kheirabadi, N.; Barani, H.; Haidari, B., 2012. Distribution patterns of metals contamination in sediments based on type regional development on the intertidal coastal zones of the Persian Gulf, Iran. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 88: 100-103.

Maanan, M., 2008. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. Environmental Pollution, 153: 176-183.

Peer, F.E.; Safahieh, A.; Sohrab, A.D.; Tochaii, S.P., 2010. Heavy metal concentrations in rock oyster *Saccostrea cucullata* from Iranian coasts of the Oman Sea. Trakia Journal of Sciences, 8: 79-86.

Pourang, N.; Richardson, C.A.; Mortazavi, M.S., 2010. Heavy metal concentrations in the soft tissues of swanmussel (*Anodonta cygnea*) and surficial sedimentsfrom Anzali wetland, Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 163:195-213.

Puente, X.; Villares, R.; Carral, E.; Carballeria, A., 1996. Nacreous shell of *Mytilus provincialis* as a biomonitor of heavy metal pollution in Galiza (NW Spain). Science of the Total Environment, 183: 205-211.

Rainbow, P.S.; Wolowicz, M.; ialkowski, W.; Smith, B.D.; Sokolowski, A., 2000. Biomonitoring of trace metals in the Gulf of Gdansk, using mussels (*Mytilus trossulus*) and barnacles (*Balanus improvisus*). Water Research, 34 (6): 1823-1829.

Rojas de Astudillo, L.; Chang Yen, I.; Agard, J.; Bekele, I.; Hubbard, R., 2002. Heavy metals in green mussel (*Perna viridis*) and oysters (*Crassostrea* spp.) from Trinidad and Venezuela. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 42: 410-415.

Salahshur, S,; Riyahi Bakhtiari, A.; Preeta, K., 2012. Use of *Solen brevis* as a biomonitor for Cd, Pb and Zn on the intertidal zones of Bushehr-Persian Gulf, Iran. Contamination and Toxicology, 57: 96-102.

Diaz Rizo, O.; Olivares Reumont, S.; Viguri Fuente, J.; Diaz Arado, O.; Lopez Pino, N.; Alessandro Rodrıguez, K.D.; Rosa Medero, D.; Gelen Rudnikas, A.; Arencibia Carballo, G., 2010. Copper, zinc and lead enrichments in sediments from Guacanayabo Gulf, Cuba, and its bioaccumulation in oysters, *Crassostrea rhizophorae*. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 84: 136-140.

Garcia-Rico, L.; Wilson-Cruz, S.; Frasquillo-Fe lix, M.C.; Jara-Marini, M.E., 2003. Total metals in intertidal surface sediment of oyster culture areas in Sonora, Mexico. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 70:1235-1241.

Haidari Chaharlang, B.; Riyahi Bakhtiari, A.; Yavari, V., 2012. Assessment of cadmium, copper, lead and zinc contamination using oysters (*Saccostrea cucullata*) as biomonitors on the coast of the Persian Gulf, Iran. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 88: 956-961.

Hayes, W.J.; Anderson, I.J.; Gaffoor, M.Z.; Hurtado, J., 1998. Trace metals in oysters and sediments of Botany Bay, Sydney. The Science of the Total Environment, 212(1): 39- 47.

Ismail, A., 1993. Heavy metal concentration in sediments off Bintulu, Malaysia. Marine Pollution Bulletin, 26: 706-707.

Ismail, A.; Rosniza, R., 1997. Trace metals in sediments and molluscs from an estuary receiving pig farms effluent. Environmental Technology, 18: 509-515.

Kanakaraju, D.; Jios, C.; Long, S.M., 2008. Heavy metal concentrations in the razor clams (*Solen* spp.) from Maura Tebas, Sarawak. Malaysian. The Malaysian Journal of Analytical Sciences, 12 (1): 53-58.

Liu, W.; Deng, P.Y., 2007. Accumulation of Cadmium, Copper, Lead and Zinc in the pacific oyster, *Crassostrea gigas*, collected from the Pearl River

from the west coast of Peninsular Malaysia be a potential biomonitoring material for Cd, Pb and Zn?. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 57: 623-630.

Yap, C.K.; Ismail, A.; Cheng, W.H.; Tan, S.G., 2006. Crystalline style and tissue redistribution in *Perna viridis* as indicators of Cu and Pb bioavailabilities and contamination in coastal waters. Ecotoxicology and Environmental Safety, 63: 413-423.

Yap, C.K.; Cheng, W.H., 2008. Heavy metal concentrations in *Nerita lineata*: the potential as a biomonitor for heavy metal bioavailability and contamination in the tropical intertidal area. Marine Biodiversity Records, 2: 1-8.

Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 88 (6) : 951-955.

Tanner, P.; Leong, L.S.; Pan, S.M., 2000. Contamination of heavy metals in marine sediment cores from Victoria Harbour, Hong Kong. Marine Pollution Bulletin, 40: 769-779.

Yap, C.K.; Ismail, A.; Tan, S.G.; 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, 28: 117-126.

Yap, C.K.; Ismail, A.; Tang, S.G.; Abdul Rahim, I., 2003. Can the shell of the green-lipped mussel *Perna viridis*