

بررسی امکان استفاده از صدف صخره‌ای *Saccostrea cucullata* به‌عنوان شاخص زیستی فلز کادمیوم در مناطق ساحلی

امیرحسین حمیدیان^{۱*}، سمیه سادات علویان پطرودی^۲

۱. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱۰)

چکیده

امروزه یکی از مشکلات جهانی در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته، آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین است. در پژوهش‌های گوناگونی، نرم‌تنان به‌ویژه دوکفه‌ای‌ها به‌عنوان نشانگرهای آلودگی فلزات استفاده شده‌اند. در این پژوهش، غلظت کادمیوم در بافت نرم صدف خوراکی صخره‌ای (*Saccostrea cucullata*) در دو ایستگاه ساحلی در طول سواحل بندر لافت واقع در جزیره قشم با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم در بافت نرم صدف در دو منطقه از بندر لافت به ترتیب ۲/۰ و ۷/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک است. همچنین مقایسه یافته‌ها با استاندارد EPA نشان داد که غلظت کادمیوم در بافت نرم صدف در منطقه اول بیشتر از استاندارد و در منطقه دوم واقع در منطقه حفاظت‌شده حرا کمتر از استاندارد بوده است. فاکتور تجمع زیستی محاسباتی برای صدف‌ها در دو منطقه بالاتر از ۱ به دست آمد که نشان‌دهنده تجمع کادمیوم در صدف است. با توجه به وجود توانایی جذب و انباشت کادمیوم در این صدف و نیز مقایسه ویژگی‌های این صدف با ویژگی‌هایی که برای انتخاب یک شاخص زیستی بیان شده است، می‌توان بافت نرم صدف *S. cucullata* را به‌عنوان شاخص زیستی مناسب برای بررسی آلودگی کادمیوم در محیط آبی پیشنهاد کرد.

کلیدواژه‌گان: بندر لافت، شاخص زیستی، صدف خوراکی صخره‌ای، فاکتور تجمع زیستی، کادمیوم،

۱. مقدمه

فلزات سنگین در اکوسیستم آبی به وسیلهٔ دوکفه‌ای‌ها به صورت مستقیم در آبشش‌ها به واسطهٔ تنفس، یا غیرمستقیم در نتیجهٔ هضم ذرات غذایی جذب می‌شوند (Clark, 1997). قدرت جذب فلزات توسط دوکفه‌ای‌ها به وسیلهٔ آبشش نسبت به دستگاه گوارش بالاتر است. در طول پروسهٔ تنفس حجم زیادی از آب از میان آبشش‌ها عبور می‌کند و سطح جذب بالای موجود در آبشش جذب فلزات را آسان می‌سازد (Tinsley, 1979).

از آنجا که دوکفه‌ای‌های دریایی می‌توانند مقادیر زیادی آب را به وسیلهٔ آبشش‌هایشان فیلتر کنند (Naimo, 1995) در بین بی‌مهرگان آبی بیشترین قابلیت را در مواجهه با این ترکیبات دارند. آن‌ها به طور ناخواسته تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار می‌گیرند، بنابراین، دوکفه‌ای‌ها می‌توانند به طور گسترده به عنوان گونه‌های مناسب جهت پایش اکوسیستم‌ها استفاده شوند (Kim et al., 2007). در سال‌های اخیر صدف‌ها به عنوان یک گونهٔ مناسب به منزلهٔ شاخص زیستی برای ارزیابی وضعیت محیط‌های ساحلی، دریایی، دریاچه‌ای و حتی رودخانه‌ای مطرح شده‌اند (Roper et al., 1997)، این مسئله به دلیل رفتار تغذیه‌ای، رفتار چسبندگی و ثبات محل و پراکنش جغرافیای وسیع آن‌هاست (Funge et al., 2004). به همین دلیل موجودات ذره‌خوار مثل اویستر و ماسل برای ارزیابی فلزات سنگین که به حالت ذرات معلق و محلول در آب دریا قرار دارند، بسیار مناسب‌اند (Galtsoff, 1964). داشتن اطلاعات دقیق دربارهٔ فیزیولوژی متابولیسم فلزات سنگین، تغذیه، تاریخچهٔ زندگی، فصول تولیدمثل، طول دورهٔ زندگی، ساختار جمعیتی موجود، برای انتخاب یک گونهٔ مناسب برای پایش محیط‌زیست ضروری است (Rainbow, 1995; Shulkin and Presley et al., 2003). با تجزیه و تحلیل تغییرات به وجود آمده در ساختار و ویژگی‌های اجتماع موجود در اکوسیستم، ارزیابی اثرات بلندمدت مواد غیرکشنده که ارزیابی آن‌ها از طریق آنالیز شیمیایی آب ممکن نیست، امکان‌پذیر خواهد بود (FAO, 1989).

گونه‌ای که برای پایش محیط انتخاب می‌شود، باید نمایانگر درجه آلودگی و نوع آلاینده‌ها در محیط بوده (Rainbow, 1995) و توانایی زنده ماندن تحت شرایط

محیط‌های آبی هر روزه دریافت‌کنندهٔ حجم وسیعی از آلاینده‌های فلزات سنگین، هیدروکربن‌ها، آفت‌کش‌ها و مواد آلی ناشی از فاضلاب‌های خانگی، صنعتی، معدنی و کشاورزی‌اند (Canali et al., 1998). از میان اکوسیستم‌های آبی؛ اکوسیستم‌های ساحلی، مصب‌ها و خورها، جزایر مرجانی و جنگل‌های ساحلی (مانگرو) جزء مهم‌ترین و پرتولیدترین اکوسیستم‌های دریایی‌اند به نحوی که اکثر زنجیره‌های غذایی آبی و خشکی به طور مستقیم و غیرمستقیم با این اکوسیستم‌ها در ارتباط هستند. اما در سال‌های اخیر این اکوسیستم‌های حیاتی نیز در معرض آلودگی‌های نفتی قرار گرفته‌اند (Butet et al., 2004). چندی است که خطرات محیط‌زیستی بسیاری نظیر آلودگی‌های نفتی و صنعتی خلیج فارس را در بر گرفته است. خلیج فارس با ساختاری بسته، سکوها، پایانه‌ها و چاه‌های نفت بسیاری دارد که آن را به شاهراه عبور نفت جهان تبدیل کرده است (Assadi, 1996). به علاوه پیامدهای ناگوار در چندین سال اخیر منجر به تخلیهٔ بیش از میلیون‌ها بشکه نفت خام در اکوسیستم‌های آبی خلیج فارس شده است. نمونهٔ بارز آن فاجعهٔ چاه نفتی نوروز در جنگ تحمیلی ایران و عراق در سال ۱۹۸۳ بود که منجر به ورود ۳۵۰۰ تن نفت به دریا شد (ROPME, 2001). همچنین در جنگ خلیج فارس در سال ۱۹۹۱ که منجر به آتش گرفتن بیش از ۷۸۸ حلقه چاه کویت از کل ۹۴۳ حلقهٔ چاه شد، این حادثه موجب شد به طور روزانه ۶ میلیون بشکه نفت خام بسوزد که از این مقدار معادل ۱۰۰ میلیون مترمکعب گاز و ۷۴۳ هزار بشکه نفت خام به داخل صحرا در منطقهٔ فوق جاری شود به طوری که در نتیجهٔ آن هزاران تن خاکستر گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، منواکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن وارد اتمسفر شد. طی این فاجعهٔ محیط‌زیستی روزانه حدود یک میلیون تن نفت وارد دریا می‌شد (Al-Azab et al., 2005). براساس برآورد سازمان ملل سالانه ۳۰ هزار تن مواد آلاینده وارد خلیج فارس می‌شود؛ با افزایش روزافزون برداشت از منابع نفتی این منطقه و توسعهٔ صنایع مرتبط، بر میزان آلودگی‌های نفتی خلیج فارس نیز افزوده می‌شود (ROPME, 2001).

هدف از دو منطقه مختلف در سواحل بندر لافت نمونه‌برداری شده است. ایستگاه اول واقع در بندر لافت و نزدیک به منطقه نفتی و محل عبور و مرور شناورهای زیادی است و ایستگاه دوم در یک آبراهه فرعی واقع در منطقه حفاظت‌شده حرا است که فاقد هر گونه فعالیت صنعتی است. موقعیت ایستگاه در نقشه آمده است (جدول ۱، شکل ۱). از هر ایستگاه تعداد ۳۰ نمونه به تصادف در اندازه‌های یکسان با استفاده از قلم و چکش جمع‌آوری و با آب دریا شسته شدند تا گل‌ولای آن‌ها از بین برود و سپس داخل یونولیت‌های عایق حرارت که در آن‌ها قالب‌های یخ درون پلاستیک بود قرار داده شده و به آزمایشگاه گروه محیط‌زیست دانشگاه تهران منتقل شدند.

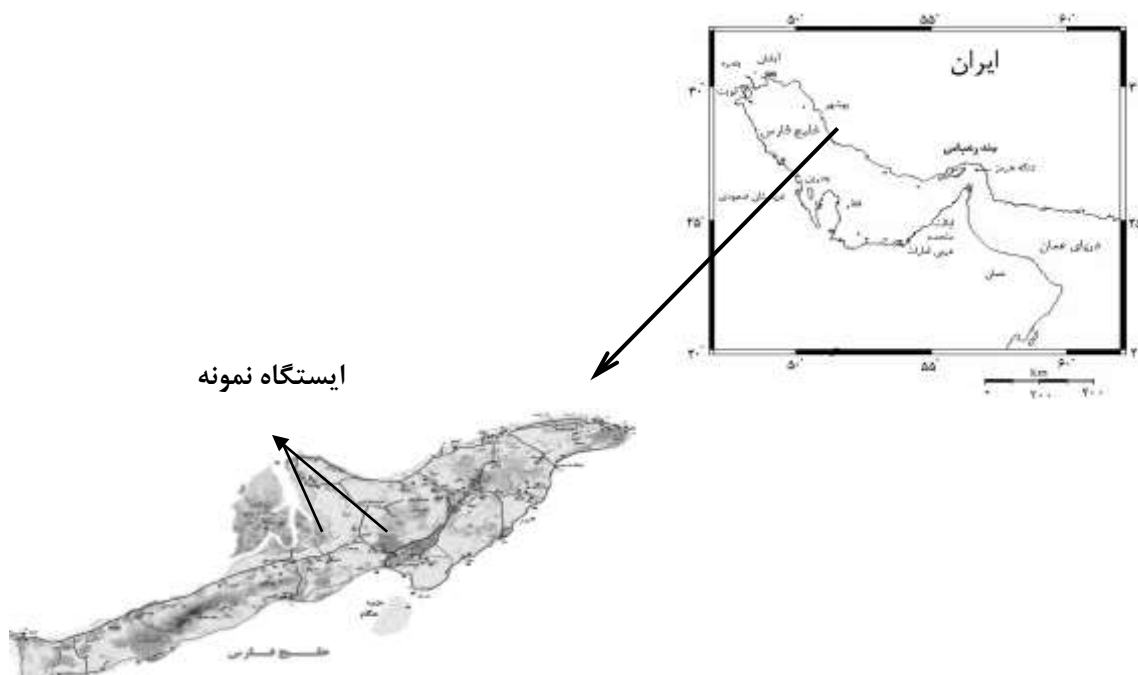
آزمایشگاهی و همچنین شرایط محیطی را داشته باشد (Soule and Kleppel, 1987). زیست‌انباشتگی در دوکفه‌ای‌ها به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است. پژوهش‌ها ثابت کرده است که ارتباط آماری دقیقی بین تراکم جمعیت‌های انسانی و مقادیر دو آلاینده مهم، سرب و تری‌بوتیل‌تین^۱ در بافت دوکفه‌ای‌هایی که در مناطق ساحلی آمریکای زندگی می‌کنند وجود دارد (Oconnor, 1998).

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر برای بررسی امکان استفاده از صدف صخره‌ای *S. cucullata* به‌عنوان شاخص زیستی فلز کادمیوم در مناطق ساحلی انجام شده است و برای این

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعه‌شده و نوع فعالیت هر ایستگاه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی	نوع فعالیت
۱	بندر لافت	طول جغرافیایی (N): ۲۶° ۵۶'	منطقه نفتی و محل رفت و آمد شناورها
۲	منطقه حفاظت‌شده حرا	طول جغرافیایی (N): ۲۶° ۴۷' عرض جغرافیایی (E): ۵۵° ۴۰'	فاقد هر نوع فعالیت صنعتی



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

1. TBT (Tributyltin)

الک با مش یک میلی‌متر پس از خشک‌شدن الک شدند. ۰/۵ گرم وزن خشک رسوبات توسط نیتریک‌اسید و کلریدریک‌اسید به نسبت ۳ به ۱ در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت در ماکروویو هضم شدند (Etim *et al.*, 1991) نمونه‌ها با آب دیونایز (دو بار تقطیر) تا ۳۰ تا ۵۰ میلی‌لیتر رقیق شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها غلظت عنصر کادمیوم موجود در محلول توسط دستگاه جذب اتمی (Shimadzu-AA670-Japan) با تکیه بر روش پیشنهادی (PerkinElmer, 1994) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین صحت آنالیزها ۶ نمونه هم‌وزن تهیه و غلظت کادمیوم در نمونه‌های اصلی و اسپایک‌شده اندازه‌گیری شد. براساس آن ریکواری کادمیوم در حد $\pm 5\%$ ۹۸ درصد بود.

نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 ارزیابی آماری شد. ابتدا داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov آزمایش نرمال بودن شدند. به‌منظور مقایسه غلظت فلز کادمیوم در بین دو منطقه از آزمون t-test استفاده شد و همچنین برای مقایسه غلظت کادمیوم در منطقه آلوده با استاندارد EPA از آزمون One-sample t-test استفاده شد و سپس جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excell استفاده شده است.

۳. نتایج

نتایج آنالیزهای آزمایشگاهی وزن تر و غلظت کادمیوم در وزن خشک نمونه‌ها برای هر دو منطقه در جدول ۲ آمده است.

هم‌زمان با نمونه‌برداری صدف، از رسوب ۲ ایستگاه نیز نمونه‌برداری انجام شد. رسوبات توسط بیلچه و با دست از اعماق ۳ تا ۵ سانتی‌متر (محل حضور صدف) (Archard *et al.*, 2004) برداشت و در ظروف فالتوم استریل اسیدپاش ۵۰ سی‌سی به آزمایشگاه گروه محیط‌زیست منتقل شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای انجام آزمایش‌های بعدی نگهداری شد. در آزمایشگاه بافت عضلانی صدف‌ها خارج و درون ارلن از قبل وزن و شماره‌گذاری شده، ریخته شدند. تمام شیشه‌آلات استفاده‌شده در این پژوهش قبلاً ۳ بار با اسیدنیتریک غلیظ و سپس ۳ بار با آب مقطر شسته و خشک شده بودند (Einollahi Peer *et al.*, 2010). ارلن‌های حاوی بافت نرم صدف با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شده و وزن تر بافت نرم با کم‌کردن وزن اولیه ارلن به دست آمد. سپس به‌منظور ثابت‌کردن وزن نمونه‌ها و نیز به دست آوردن وزن خشک آن‌ها، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند و وزن خشک به دست آید. نمونه‌های خشک‌شده به مدت ۴۸ ساعت در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد برای خاکسترشدن قرار می‌گیرند. به نمونه‌های خاکسترشده ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ اضافه می‌کنیم و سپس بر روی هات‌پلیت قرار می‌دهیم تا هضم شوند. حجم نمونه‌ها را بعد از هضم‌شدن با کمک اسیدنیتریک ۱ درصد دیونایز به ۲۵ میلی‌لیتر می‌رسانیم. وزن خشک رسوبات با قرارگیری در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت به دست آمد (Chen *et al.*, 2007). نمونه‌های رسوب توسط

جدول ۲. مشخصات صدف‌ها در دو ایستگاه

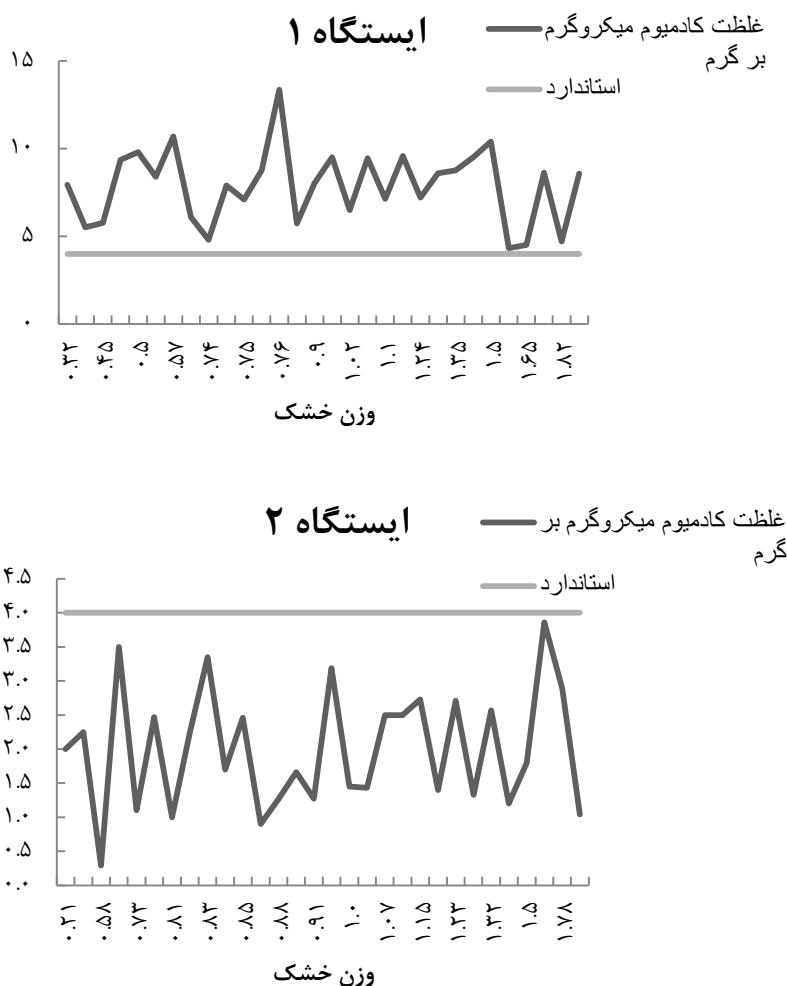
نمونه	وزن تر نمونه (g) ایستگاه ۱	غلظت کادمیوم (µg/g) وزن خشک	وزن تر نمونه (g) ایستگاه ۲	غلظت کادمیوم (µg/g) وزن خشک
تعداد	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
حداقل	۰/۳۲	۴/۳۲	۰/۲۱	۰/۲۹
حداکثر	۱/۸۵	۱۳/۳۶	۱/۸	۳/۸۶
میانگین	۱/۰۰	۷/۹۰	۱/۰۲	۲/۰۰
انحراف معیار	۰/۴۵	۲/۱۱	۰/۳۷	۰/۸۸

که میانگین غلظت کادمیوم در بافت نرم صدف جمع‌آوری شده به‌طور معناداری در سطح $(P=0/01)$

نتایج آزمون t-test برای مقایسه نمونه‌های صدف *S. cucullata* در دو منطقه اول و دوم حاکی از آن بود

نشان‌دهنده تفاوت آماری معناداری در سطح $P=0/01$ هستند (شکل ۲).

در منطقه اول بیشتر از منطقه دوم است. همچنین نتایج حاصل از One-sample t-test میان غلظت‌های کادمیوم در منطقه اول و منطقه دوم با استاندارد EPA



شکل ۲. مقایسه مقادیر غلظت کادمیوم در وزن خشک در ایستگاه اول و دوم با استاندارد EPA

در دو منطقه نمونه‌برداری (به ترتیب ۷/۹ و ۲/۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک برای منطقه اول و دوم) مشاهده می‌شود که غلظت کادمیوم در صدف‌های منطقه اول که در معرض عبور و مرور شناورهای سبک و سنگین است، بیش از دو برابر غلظت کادمیوم در منطقه دوم (بدون فعالیت صنعتی) است. شایان ذکر است که شرایط محیطی این مناطق تقریباً مشابه همدیگر است. بنابراین، سهم عوامل محیطی مؤثر بر میزان تجمع فلزات سنگین از قبیل شوری، دما، pH می‌تواند ناچیز و یا کم‌اهمیت باشد و مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر سطوح غلظت کادمیوم در این دو منطقه را می‌توان ناشی از

میانگین غلظت کادمیوم در ۵ نمونه رسوب از هر یک از ایستگاه‌های ۱ و ۲ برابر با ۱/۹ و ۰/۴۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک است. فاکتور تجمع زیستی برای صدف *S. cucullata* (نسبت غلظت کادمیوم بافت نرم صدف به غلظت کادمیوم موجود در رسوب) محاسبه شد و برای ایستگاه ۱ و ۲ به ترتیب برابر با ۴/۲ و ۳/۸ است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های صدف

مطالعه آلودگی محیطی استفاده‌های بسیار کرد (Hedouin et al., 2009).

مطالعات بسیاری بر روی صدف‌ها برای معرفی آن‌ها به‌عنوان شاخص زیستی (bioindicator) انجام گرفته است.

Pashaei Rad (2010) به بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین در صدف *Amiantis umbonella* پرداخت و بیان کرد که این صدف یک شاخص زیستی (bioindicator) برای فلزات As, Pb, Cu, Ag, Zn است.

Saeedi و همکاران (2011) با مطالعه‌ای که بر روی دوکفه‌ای *Saccostrea dactylus* انجام دادند این دوکفه‌ای را برای فلزات Cu, Pb, Fe, Zn به‌عنوان شاخص زیستی معرفی کردند.

در مطالعاتی که Bilos و همکاران (1998) بر روی دوکفه‌ای *Corbicula fluminea* و همکاران De Mora و همکاران (2004) بر روی *Saccostrea cuculata* و *Pinctada radiata* تجمع فلزات مس و روی در آن‌ها بیشتر از محیط بود و این صدف‌ها را به‌عنوان شاخص زیستی برای این فلزات معرفی کردند.

با مقایسه غلظت فلز کادمیوم در دو منطقه اول و دوم در صدف صخره‌ای، مشاهده می‌شود که این صدف زیست انباشته‌گر مناسبی برای فلز کادمیوم است و می‌تواند تمایز بین مناطق دارای فعالیت انسانی و فاقد فعالیت انسانی را به‌خوبی نمایان کند.

همچنین با مقایسه حد مجاز برخی استانداردها با میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های صدف در دو منطقه نمونه‌برداری (به ترتیب ۲/۰ و ۷/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک برای منطقه پاک و آلوده) مشاهده می‌شود که غلظت کادمیوم در منطقه اول بندر لافت نه تنها از سطح مجاز ارائه شده EPA (میزان سطح ایمنی کادمیوم در صدف خوراکی برابر ۴ μg/g) بالاتر است بلکه از حداکثر سطح غلظت توصیه شده توسط سازمان دارو و غذای آمریکا (US.FDA) (حداکثر ۶/۴ μg/g) و سازمان جهانی بهداشت (WHO) و سازمان غذا و کشاورزی (FAO) (حداکثر ۷ μg/g) نیز فراتر رفته است و لذا خطرات بالقوه زیادی برای جوامع انسانی در پی دارد، درحالی که در منطقه جنگل حرا (منطقه دوم) پایین تر از حد مجاز است. مرتضوی و

تأثیر فعالیت‌های انسانی دانست. نتایج مشابهی در خصوص تأثیر بالای فعالیت‌های انسانی بر میزان تجمع فلزات سنگین در صدف‌ها در سواحل جنوبی خلیج فارس به دست آمده است (Al Madafa, 1998).

شایان ذکر است که از میان آبزیان مختلف، برخی موجودات آبزی نظیر میگوی *Palaemon elegans* توانایی تنظیم غلظت فلزات سنگین (فلز روی) در بدن را دارند و لذا برای برنامه‌های پایش زیستی گونه شاخص مناسبی نیستند (Phillips and Rainbow, 2009; Azarbad, 1994). فاکتور تجمع زیستی محاسبه شده برای صدف‌ها در دو ایستگاه نشان داد غلظت کادمیوم در بافت نرم صدف بیشتر از رسوب است و نشان می‌دهد که این صدف خاصیت تجمع زیستی دارد.

Wang و Chong (2000) بیان کردند صدف‌های دوکفه‌ای به‌ویژه صدف‌های ساکن مناطق بین جزر و مدی خاصیت تجمع زیستی (bioaccumulation) دارند، که امروزه در کشورهای مختلف در سطح وسیع از این جانداران به‌عنوان شاخص‌های آلودگی محیط زیست استفاده می‌شود.

دوکفه‌ای‌ها مواد غذایی را فیلتر می‌کنند و برخی از آن‌ها قادرند میزان فلزات سنگین را در بدن خود تا چندین برابر محیط تغلیظ کنند. بنابراین، با بررسی میزان فلزات در بدن آن‌ها تا حدودی می‌توان به آلودگی‌های محیطی پی برد (Bilos et al., 1998).

این دوکفه‌ای‌ها به دلیل زیستن در محیط بین جزر و مدی با فیلتر آب مواد غذایی مورد نیاز خود را به دست می‌آورند. این دوکفه‌ای‌ها به علت زیستن در چنین شرایطی، فلزات موجود در آب و رسوبات را با الگوی مشابه در بدن خود جمع می‌کنند.

رسوبات جایگاهی برای به دام انداختن فلزات مختلف هستند (Salomons et al., 1987)، بنابراین، تجمع عناصر در رسوبات اغلب برای ارزیابی و بررسی وضعیت تجمع فلزات محیط‌های دریایی مناسب‌اند. اما رسوبات همیشه بیانگر کل آلودگی منطقه نیستند (Hedouin et al., 2009).

از آنجا که بی‌مهرگان به‌خصوص نرم‌تنان و سخت‌پوستان قابلیت تجمع زیستی را در بدن خود دارند، می‌توان از آن‌ها به‌عنوان شاخص زیستی در

بودن برای مطالعات کمی مناسب است. به‌راحتی قابل شناسایی است و چرخه زندگی نسبتاً طولانی دارد (Phillips, 1977, Al Madafa, 1998). از طرف دیگر چون این گونه جزء گونه‌های جزر و مدی است، بنابراین، مقاومت مناسبی در برابر دامنه وسیعی از تغییرات محیطی و سطوح بالای غلظت آلاینده‌ها دارد. با توجه به مطالب و نتایج ارائه‌شده می‌توان بیان کرد که صدف صخره‌ای *S. cucullata* را می‌توان یک شاخص زیستی مناسب برای برنامه‌های پایش آلودگی‌های فلزات سنگین در خلیج فارس معرفی کرد.

همکاران در بررسی میزان فلز کادمیوم در صدف *Saccostrea cucullata* از سواحل استان هرمزگان نشان دادند که غلظت کادمیوم در بافت نرم صدف در حدود ۳/۸ بوده و از آنجا که سطح ایمنی کادمیوم در تعدادی از منابع ۳ در نظر گرفته شده است، غلظت کادمیوم موجود در صدف بالاتر از استاندارد EPA است (Mortazavi *et al.*, 2002).

صدف صخره‌ای *S. cucullata* یک گونه غالب با گسترش وسیع در طول سواحل خلیج فارس و دریای عمان است و به دلیل همین فراوانی و در دسترس

REFERENCES

- Al-Azab, M., El-shorbagy, W. and Al-Ghais. S., 2005. Oil Pollution and Environmental Impact in the Arabian Gulf Region. Elsevier B.V., Amsterdam The Netherlands 256 pp.
- Al-Madfa, H., Abdel-Moati, M.A., Al-Gimaly, F.H., 1998. *Pinctada radiata* (Pearl Oyster): A Bioindicator for Metal Pollution Monitoring in the Qatari Waters (Arabian Gulf). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 60, 245-251.
- Archard, M., Baudrimont, M., Boudou, A. and Bourdineaudt, J.P., 2004. Induction of a multixenobiotic resistance protein (MXR) in the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) after heavy metals exposure. Aquatic Toxicology 67, 374-357.
- Assadi, H., 1996. Atlantic fishes of Persian Gulf and Oman Sea. Publications Research and Education Organization, 241 pages.
- Azarbad, H., 2009. Mechanism of heavy metal uptake in aquatic mollusks, graduate seminar. Fisheries Department of Tehran University. Department of Natural Resources.
- Bilos, C., Colombo, J.C. and Presa, M.J.R., 1998. Trace metals in suspend particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Rio de La Plata Estuary. Argentina Environmental Pollution 99, 1-11.
- Butet, I., Tanguy, A., Moraga, D., 2004. Response of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* to hydrocarbon contamination under experimental conditions. Gene 329, 145-147.
- Canali, M., Ay, O., Kalay, M., 1998. Levels of heavy metal (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan river. Turkish Journal 22, 149-157.
- Chen, C.V., Kao, C.M., Chen, C.F. and Dong, C.D., 2007. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. Chemosphere 66, 1431-1440.
- Clark, R., 1997. Marine Pollution. Oxford, Clarendon press.
- Chong, K. and Wang, W.X., 2000. Bioavailability of sediment-bound Cd, Cr and Zn to the green mussel *Perna viridis* and the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 255, 75-92.
- De Mora, S., Fowler, S.W., Wyse, E. and Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Persian Gulf and Gulf of the Oman. Marine Pollution Bulletin 49, 410-424.
- Einollahi Peer, F., Safahieh, A., Dadollahi Sohrab, A., Pakzad Tochaii, S., 2010. Heavy metal concentrations in rock oyster *Saccostrea cucullata* from Iranian coasts of the Oman sea. Trakia Journal of Sciences 8(1), 79-86.

14. EPA, Health effect Assessment for Boron and Compounds. 1987.
15. Etim, L., Akpan, E.R. and Muller, P., 1991. Temporal trends in heavy metal concentrations in the clam *Egeria radiata* (Bivalvia: Tellinacea: Donacidae) from the Cross River, Nigeria. *Hydrobiologia* 24(4), 327-333.
16. FAO. 1989. food and Nutrition Paper No. 46: Street Foods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
17. Fung, C.N., Lam, J.C., Zheng, G.J., Connell, D.W., Monirith, I., Tanabe, S., Richardson, B.J., Lam, P.K. 2004. Mussel based monitoring of trace metal and organic contaminants along the east coast of China using *Pera viridis* and *Mytilus edulis*. *Environmental Pollution* 127(2), 203-216.
18. Galtoff, P.S., 1964. The American Oyster, Washington, Unites State Government Printing Offic.
19. Hedouin, L., Bustamante, P., Churlaud, C., Pringault, O., Fichez, R. and Warnau, M., 2009. Trends in concentrations of selected metalloid and metals in two bivalves from the coral reefs in the SW lagoon of New Caledonia. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72, 372-381.
20. Kim, M.C., Cho, S.M. and W.G. Jeong., 2007. Short-term physiological response of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, on exposure to varying levels of polycyclic aromatic hydrocarbon. *Aquaculture Research* 38, 1612-1618.
21. McMahan, R.F., Bagan, A.E., 2001. Mollusca: Bivalvia. In. Throp JH, Covich AP, editors. Ecology and classification of North American Freshwater invertebrates. Second edition. New York. USA: Academic Press. P331-429.
22. Mortazavi, e., Esmaili Sari, A., Riahi Bakhtiari, Ali., 2002. Determination of zinc, lead, cadmium and chromium in the rock oysters (*Saccostrea cucullata*) in the coastal province. *Scientific database SID* 2(1), 67-76.
23. Naimo, T.J., 1995. A review of the effects of heavy metals on freshwater mussels. *Ecotoxicology* 4, 341-362.
24. O'connor, T., 1998. Chemical Contamination in oyster and mussels, National Oceanic and Atmospheric Administration.
25. Pashaei Rad, S., Saeedi, H., Abtahi, B. and Kiabi, B., 2010. Accumulation of some heavy metals in soft tissue and shell of edible bivalve *Amiantis umbonella* (Lamarck, 1818) in Bandar Abbas coast, the Persian Gulf. *Journal of Animal Science* 2(2), 9-22.
26. Phillips, D.j.H., 1977. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. *Environmental Pollution* 13, 281-317.
27. Phillips, D.J.H., Rainbow, P.S., 1994. Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants, second edition. Chapman and Hall, London.
28. Rainbow, P.S., 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 31(4-12), 183-192.
29. Ropme., 2001, Reginal Report of The State of The Marin Envirnoment (Ropme sea area).
30. Roper, JM., Cherry, D. S., Simmers, J. W., Tatem, H. E., 1997. Bioaccumulation of PAHs in the zebra mussel at Times Beach, Buffalo, New York. *Environmental Monitoring and Assessment* 46, 267-277.
31. Saeedi, H., Ashja Ardalan, A., Hassanzadeh Kiabi, B., Zibaseresht, R., 2011. Metal concentrations in razor clam *Solen dactylus* (Von Cosel, 1989) (Bivalvia: Solenidae), sediments and water in Golshahr coast of Bandar Abbas, Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 11(1), 165-183.
32. Salomons, W., de Rooij, N.M., Derdijk, H. and Bril, J., 1987. Sediments as a source for contaminants. *Hydrobiologia* 149, 13-30.
33. Shulkin, V.M., B.J. Presly, *et al.*, 2003. Metal concentration in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to concentration of ambient sediment. *Environment International* 29(4), 493-502.
34. Soule, D.F and G.S. Kleppel., 1987. Marine Organisms as Indicators. New York, Springer.
35. Tinsley, L.J., 1979. Chemical Concepts in Pollution Behavior. New York chicheter, Brisbane, Toronto, John Wiley and Sons.
36. US Food & Drug Administration. Compliance program evaluation total diet studies (7320.08). Washington, DC, US Government Printing office , 1977.
37. WHO Technical Report Series, No.505, (Evaluation of certain food additmes and the contaminants: mercury, lead and cadmium). 1972.