

آیا صدف صخره ای (*Sacostrea cucullata*) قادر است فلزات سنگین را جذب کند؟ مطالعه نمونه: جذب کادمیوم و مس در جنگل های مانگرو

حامد آذرباد^{۱*}، آرش جوانشیر خوبی^۲، علیرضا میرواقفی^۳، افشین دانه کار^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۸/۱۷، تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۲/۲۲)

چکیده

خلیج فارس پهنه آبی با اهمیتی در برداشت و انتقال نفت و همچنین ورود پساب های صنعتی است و همواره مقادیر زیادی از آلاینده ها به این اکوسیستم آبی و چرخه زیستی آبیان وارد می شود. استفاده از صدف برای کاهش آلاینده ها از جمله روش های پالایش زیستی است. صدف *Sacostrea cucullata* از جمله صدف های بومی خلیج فارس است و یکی از صدف های مهم پالاینده می باشد. هدف اصلی این تحقیق بررسی میزان جذب فلز کادمیوم (۱۵۰ میکروگرم در لیتر) و مس (۲۰۰ میکروگرم در لیتر) توسط صدف در شرایط کاملا میدانی است. به این منظور سیستم Mesocosm برای انجام مطالعات پالایشی و جذب فلزات توسط صدف طراحی شد. مطالعات پالایشی نشان داد که نرخ پالایش صدف تحت تاثیر فلزات قرار می گیرد به این ترتیب که نرخ پالایش در ارتباط با فلز کادمیوم از $1/69 \text{ ml.min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ AFDW}$ به $0/04 \text{ ml.min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ AFDW}$ و فلز مس از $2/16 \text{ ml.min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ AFDW}$ به $0/42 \text{ AFDW}$ در طول دوره یکساعته آزمایش کاهش یافت ولی هیچ گاه متوقف نشد. با توجه به اینکه نرخ پالایش صدف در طول آزمایش کاهش داشت ولی صدف های زنده غلظت کادمیوم و مس را به ترتیب از ۱۵۰ و ۲۰۰ میکروگرم در لیتر به طور متوسط به میزان $118/68$ و $133/30$ میکروگرم در لیتر کاهش دادند. همچنین مشخص شد که پوسته های مرده نیز توانایی خوبی در کاهش غلظت فلزات دارند. با توجه به نتایج مشخص می شود که صدف *Sacostrea cucullata* توانایی بالایی در جذب فلزات سنگین دارد و می توان از آن به عنوان پالاینده زیستی استفاده کرد.

واژه های کلیدی: آلاینده های نفتی، فلزات سنگین، صدف *Sacostrea cucullata*، نرخ پالایش، خلیج فارس

مقدمه

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده های محیطی است که طی آلودگی های نفتی و فعالیت هایی مانند استخراج معادن و ورود پساب برخی کارخانه ها به محیط زیست وارد و باعث آلودگی اکوسیستم های طبیعی می شود (Blackmore, 2010). به دلیل گسترش روزافزون صنایع و توسعه شهرها، ورود این فلزات به محیط زیست نیز افزایش یافته است، به همین جهت روز به روز بر اهمیت پایش و کنترل آلودگی محیط زیست افزوده می شود. روش های فیزیکی و شیمیایی که برای حذف یون های فلزی از پساب ها طراحی شده به سبب ناکارایی و صرفه اقتصادی، عملاً غیر قابل استفاده است (Sabry et al., 1997; Varma et al., 2001; Spain and Alm, 2003). آلودگی آب خلیج فارس ناشی از فلزات سنگین (به ویژه سرب، مس، کادمیوم، کبالت و کروم) اصولاً یا از نفت یا از کشتی های حامل مواد شیمیایی ناشی می شود. خلیج فارس تامین کننده بخش مهمی از انرژی نفت جهان می باشد و به همین دلیل به عنوان منطقه دریایی بالقوه در معرض آلودگی نفتی شناخته شده است (Jamili and Amini Ranjbar, 1998; Mir, 1995). سرنوشت نهایی نفت نشست یافته به محیط دریا با تاثیر پذیرفتن از محیط دریا و سیر تحولات متعدد، به صورت توده و یا گلوله های قیری به ساحل رانده می شود. مواد نفتی باقیمانده در ساحل موجب اختلالات جدی در اکوسیستم ساحلی و محیط کم عمق دریایی می شود. این در حالی است که اکوسیستم ساحلی بارورترین و مهم ترین بخش مجموعه اکوسیستم دریایی را تشکیل می دهد (Alexander, 2000; Mir, 1995). فلزات سنگین یکی از ترکیبات سمی مهم نفت است که در مناطق ساحلی اثرات زیانباری برای موجودات زنده دارد. نتیجه کلی مطالعاتی که در زمینه پالایش دو کفه ای ها انجام شده نشان داده است که دوکفه ای ها از یک طرف آب حاوی فیتوپلانکتون و پروتوزا را می گیرند و از سوی دیگر در فرآیند سوخت و ساز سلولی با مصرف اکسیژن، دی اکسیدکربن تولید می کنند. بطور کلی در این جانوران آب از طریق آبشش ها گرفته می شود و از طریق سیفون

خروجی خارج می شود (Jørgenson, 1996). دوکفه ای دوره زندگی طولانی دارد و به راحتی نمونه برداری می شود. این موجودات به صورت طبیعی در یک محل ثابت می مانند و این موضوع ارتباط آنها با منابع آلودگی را قابل تشخیص می کند. درخیلی از مطالعات این موضوع که دو کفه ای ها فلزات سنگین را حذف و یا در پوسته (Widdows, 2001) و بافت ها (Cossa, 1988) ذخیره می کنند، به اثبات رسید. دوکفه ای ها به علت اینکه فلزات سنگین را در خود ذخیره می کنند در ارزیابی های زیست محیطی آلاینده ها مورد استفاده قرار می گیرند (1988 Goldeberg).

فنون های پالایش آلودگی با استفاده از دوکفه ای ها شامل اندازه گیری فاکتورهای فیزیولوژیک، تجمع فلزات سنگین در بدن (Riisgård, 1987)، اندازه گیری اثرات مخرب فلزات سنگین به واسطه تغییر شکل بافت های بدن است. با توجه به مطالعات مختلفی که در زمینه استفاده از دوکفه ای ها در پالایش اکوسیستم انجام شده، توانایی این موجودات در زیست انباشته ساختن آلاینده ها در بافت ها به اثبات رسیده است. در این مطالعه توانایی پالایش صدف *Sacostrea cucullata* را در کاهش فلزات سنگین در جنگل های مانگرو که به لحاظ زیست محیطی ارزش بالایی دارند و زیستگاهی حفاظت شده است، مورد توجه قرار دارد. مسئله اصلی این پژوهش، تعیین توان پالایش و میزان حذف فلزات سنگین محلول است.

با توجه به اینکه صدف *Sacostrea cucullata* یکی از انواع مهم صدف فیلتر کننده محسوب می شود. به نظر می رسد در پاک نمودن آب از ذرات معلق و محلول نیز نقش قابل توجهی داشته باشد. به عبارت دیگر چنین فرض می شود که این جانور کارایی پالایش آب و برداشت مواد آلاینده را دارا است. این پژوهش در پی آن است که در چنانچه این صدف توانایی خوبی در کاهش آلودگی داشته باشد، با ایجاد زیستگاه های مصنوعی در مناطق آلوده در خلیج فارس، برای کاهش آلودگی دریا راهکارهای زیستی جستجو نمود.

مواد و روش ها

ایستگاه مطالعات در جنگل های حرا شمال غربی جزیره قشم انتخاب شدند. انتخاب این محل به سبب دسترسی راحت تر، وجود اجتماعات صدف *Sacostrea cucullata* و فراهم بودن اطلاعات پایه قبلی صورت گرفت. سپس، تعداد مشخصی از صدف های زنده موجود در محل پس از شستشو و وزن کردن برای انجام آزمایش پالایش در داخل ظروف ۲ لیتری (گروه تیمار) قرار گرفت (شکل ۱). صدف ها به تعداد ۱۵ عدد با طول های مساوی (وزن کلی همراه با پوسته) دو ساعت قبل از شروع آزمایش در داخل فلاسک ۲ لیتری قرار داده شد تا با شرایط جدید سازگار شوند. گروه کنترل نیز شامل پوسته های مرده بود که در ظرف ۲ لیتری دیگری قرار داده شد (شکل ۱). تمام مراحل آزمایش در یک سامانه باز انجام شد. سامانه باز سامانه ای است که در آن جریان ورودی، پس از گردش در سامانه، وارد ظروف خروجی و سپس از سیستم خارج می شود. دو ساعت قبل از انجام آزمایش محلول های مادر فلزات ($cdcl_2, cusO_4$) به مخزن ۲۰ لیتری اضافه شد (غلظت کادمیوم و مس به ترتیب ۱۵۰ و ۲۰۰ میکروگرم در لیتر بود). شروع باز شدن کفه ها به عنوان شروع زمان آزمایش محسوب می شود. به این ترتیب که با باز کردن شیرهای ورودی مخزن های ۲۰ لیتری جریان برقرار و وارد محفظه های ۲ لیتری می شود. ورود جریان آب به داخل ظروف ۲ لیتری به این ترتیب است که جریان از کف وارد و از بالا خارج می شود. این جریان برای ۲ دقیقه برقرار است و بعد از آن به مدت ۵ دقیقه در ظروف محتوی صدف های زنده و پوسته ها متوقف خواهد شد. این مدت زمان از زمان Gut passage time گونه *S. Cucullata* که حدود ۲۰ دقیقه می باشد کمتر است. در پایان مجدداً ۵ دقیقه جریان برقرار و از آن نمونه برداری (از محل شیر های خروجی) می شود. بنابراین نمونه برداری ها (که هر بار با ۳ تکرار انجام شد) در ابتدای ۲ دقیقه (در محل شیرهای ورودی) و انتهای ۵ دقیقه صورت گرفت و این تناوب تا ۷ بار تکرار شد. پیش فرض این آزمایش آن است که صدف در هر بار گردش جریان در معرض آلاینده با غلظت قبلی

قرار می گیرد و ۵ دقیقه زمان دارد تا آن غلظت را در محیط کاهش دهد. در زمان بعدی یعنی ۷ دقیقه دوم (۱۴ دقیقه بعد از شروع آزمایش) دوباره در معرض آلاینده جدید قرار می گیرد که می بایست آن را کاهش دهد. بدیهی است که موارد بالا برای هر فلز به صورت جداگانه انجام گرفت. بعد از قرار دادن نمونه ها در ظرف مخصوص برای انجام آزمایش پالایش (ظرف پالایش) سعی شد که کوچکترین حباب هوا در داخل ظرف باقی نماند. میزان فلزات سنگین ورودی و خروجی محفظه پالایش در فواصل زمانی ۵ دقیقه اندازه گیری و ثبت شد. به این ترتیب که غلظت اولیه (C_0) غلظت فلز سنگین در زمان صفر یا در شروع آزمایش و غلظت ثانویه (C_1)، غلظت فلز سنگین در مدت زمان ۵ دقیقه در خروجی ظرف پالایش (شکل ۱) می باشد. در ابتدای شروع آزمایش آب دریا با فیلتر ۵۵ میکرون پالوده شد تا از ورود ذرات مزاحم جلوگیری شود. در مخزن اصلی که آلودگی از طریق آن به سیستم وارد می شود، پیوسته با پمپ باتری دار هوادهی می شد، تا اکسیژن عامل محدود کننده برای فعالیت پالایش نباشد. وزن خشک بدون خاکستر که مبنای محاسبات می باشد از رابطه زیر به دست می آید:

وزن خشک بدون خاکستر = وزن خاکستر - وزن خشک

عدد پالایش^۱ از رابطه (Jørgenson, 1990) به شرح زیر به دست می آید:

$$V_w = V \times \ln(CT_0) - \ln(CT_n) / T \times W$$

در این رابطه؛ V_w : میزان پالایش بر حسب $g \cdot ml^{-1}$. در این رابطه؛ V : حجم ظرف بر حسب میلی لیتر، CT_0 : غلظت فلز در زمان صفر (میکروگرم در لیتر)، CT_n : غلظت فلز در پایان آزمایش (میکروگرم در لیتر)، T : زمان آزمایش بر حسب دقیقه و W : وزن جانور بر حسب وزن خشک بدون خاکستر بر حسب گرم است.

عدد پالایش به ازای وزن خشک بدون خاکستر محاسبه شد. از مزیت های این مطالعه اندازه گیری فاکتورهای

۱-Clearance rate

نتایج نرخ پالایش صدف های زنده و مرده

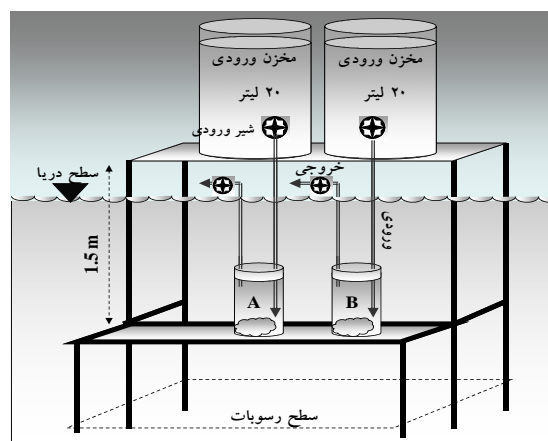
صدف های در معرض فلز کادمیوم (Cd)

نرخ پالایش (منظور از نرخ پالایش کاهش غلظت فلز سنگین توسط صدف و پوسته ها در طول زمان است) صدف *Sacostrea cucullata* که در معرض ۱۵۰ میکروگرم در لیتر فلز کادمیوم قرار گرفت در شکل ۲ مشخص است. مطابق شکل ۲، نوسانات در نرخ پالایش صدف های زنده فاحش است که می تواند ناشی از تنشی باشد که در نتیجه فلز سنگین بر موجود وارد شده است. میانگین نرخ پالایش در توده صدف زنده $0.62 \text{ AFDW} \cdot \text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ و کمترین و بیشترین مقدار پالایش در این گروه به ترتیب $0.04 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ AFDW و 1.69 بود. همانطور که در شکل مشخص است، بیشترین نرخ پالایش در اولین زمان آزمایش بود و به ترتیب در طول مدت آزمایش کاهش می یابد. میانگین نرخ پالایش در توده صدف مرده (پوسته ها) $0.26 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ AFDW و کمترین و بیشترین آن در این گروه به ترتیب $0.07 \text{ g}^{-1} \cdot \text{AFDW}$ و 0.79 است. بنابراین فعالیت فیزیولوژیک صدف های زنده (نرخ پالایش) به واسطه فلز سنگین کادمیوم تحت تاثیر قرار گرفت، اما این تاثیر در حدی نبود که کاملاً نرخ پالایش را کاهش دهد. این دامنه در پوسته ها کمتر تاثیر پذیرفت. فلز کادمیوم از جمله سمی ترین فلزات است که سریعاً توسط بافت آبشش صدف جذب می شود و اختلالاتی را در عملکرد این عضو ایجاد می کند.

صدف های در معرض فلز مس (Cu)

نرخ پالایش صدف *Sacostrea cucullata* که در معرض ۲۰۰ میکروگرم در لیتر فلز مس قرار گرفت در شکل ۳ مشاهده می شود. مطابق این شکل نرخ پالایش در طول دوره آزمایش کاهش می یابد. همانند فلز کادمیوم میزان پالایش در طول دوره آزمایش نوساناتی را از خود نشان داد که می تواند در نتیجه تنشی باشد که از فلز سنگین بر فعالیت های فیزیولوژیک (پالایش) صدف ایجاد می شود. میانگین نرخ پالایش در توده صدف زنده $1.03 \text{ g}^{-1} \cdot \text{AFDW}$ و کمترین و بیشترین مقدار در این

مورد بررسی در پالایش صدف، در جایگاه طبیعی (In situ) است. زیرا عوامل مختلف محیطی در میزان پالایش صدف دخیل است که در شرایط آزمایشگاهی این عوامل حذف می شود (Widdows, 2002). نمونه های آب با فرمالین تثبیت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه (آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران) با کاغذ واتمن و سپس توسط فیلترهای مخصوص (۰/۲ میکرون) صاف شد و با دستگاه (ICP) مقدار فلزات سنگین در نمونه ها تعیین شد. با استفاده از نرم افزار (SPSS) و آزمون آماری T-Test داده های حاصل از گروه های کنترل و تیمار در سطح ۰/۰۵ درصد با یکدیگر مقایسه شد.



شکل ۱. سامانه کاهش فلزات سنگین توسط صدف ها

همانطور که در شکل مشخص است سامانه در رسوبات قرار می گیرد و دارای ۲ مخزن اصلی ورود آلاینده است که جریان آب توسط لوله های پلی اتیلن به طرف A (صدف های زنده) و B (پوسته های مرده) منتقل می شود. جریان آلاینده ها توسط شیرهای ورودی قابل تنظیم است.

نتایج

مطالعه حاضر شامل اندازه گیری پالایش صدف به عنوان یک فاکتور فیزیولوژیک برای آشکار سازی تاثیر آلاینده ها بر دوکفه ای ها و بررسی توانایی پالایش صدف در کاهش غلظت فلزات سنگین است.

کمترین و بیشترین مقدار غلظت این فلز در این گروه به ترتیب ۱۲۲/۴ و ۱۴۵/۴ میکروگرم در لیتر اندازه گیری شد. همچنین متوسط کاهش غلظت فلز کادمیوم در گروه تیمار (صدف های زنده) ۱۱۸/۶۸ میکروگرم در لیتر و کمترین و بیشترین این غلظت به ترتیب ۱۱۱/۳ و ۱۲۹/۶ میکروگرم در لیتر آمده است (شکل ۵).

صدف های در معرض فلز مس (Cu)

نتایج T-Test اختلاف معنی داری را بین تیمار و کنترل در سطح ۰/۰۵ درصد نشان داد. میزان کاهش فلز مس در طول دوره آزمایش در شکل ۶ درج شده است. میزان کاهش غلظت فلز مس توسط توده صدف زنده نسبت به پوسته ها بیشتر بود. متوسط کاهش غلظت فلز مس توسط گروه کنترل ۱۸۱/۱ میکروگرم در لیتر است. کمترین و بیشترین مقدار غلظت فلز مس در آب در این گروه به ترتیب ۱۷۷/۳ و ۱۹۳/۶ میکروگرم در لیتر اندازه گیری شد. متوسط کاهش فلز مس توسط گروه تیمار (توده صدف زنده) ۱۳۳/۳۰ میکروگرم در لیتر بدست آمد و کمترین و بیشترین مقدار این فلز در آب به ترتیب ۱۲۶/۹ و ۱۴۵/۷ میکروگرم در لیتر بود (شکل ۷).

بحث

امروزه یکی از روش های بسیار موثر و رایج برای حذف آلاینده ها به خصوص فلزات سنگین، استفاده از پالایند های زیستی است. که در این بین دوکفه ای ها اهمیت ویژه دارند. پالایش مواد از آب یکی از خصوصیات ذاتی هر گونه نرم تن است. طبق مطالعه Jørgenson و همکارانش (1996)، میزان پالایش و شفافیت در واقع معادل حجمی از آب است که صدف از مواد معلق و فیتوپلانکتون ها در واحد زمان تغذیه می نماید.

گروه به ترتیب $0.42 \text{ ml.min}^{-1}.g^{-1}$ AFDW و 2.16 اندازه گیری شد (شکل ۳).

میانگین نرخ پالایش در توده صدف مرده (پوسته ها) $0.3 \text{ ml.min}^{-1}.g^{-1}$ AFDW و کمترین و بیشترین مقدار در این گروه به ترتیب $0.17 \text{ ml.min}^{-1}.g^{-1}$ AFDW و 0.99 محاسبه شد. فلز مس نیز از فلزهای ضروری می باشد که این صدف ها برای انجام فرایندهای زیستی خود به آن نیاز دارند. هموسیانین از بخش هایی است که این فلز در آن کاربرد زیادی دارد. بنابراین از آنجا که صدف برای انجام فعالیت حیاتی خود نیازمند به فلز مس می باشد (البته در یک مقدار مشخص) پالایش صدف به صورت معنی دار تحت تاثیر آن قرار نگرفته است.

کاهش غلظت فلزات سنگین

همانطور که ذکر شد دوکفه ای ها به واسطه فعالیت پالایشی خود روزانه حجم بالایی از آب را فیلتر می کنند که به این وسیله آلاینده های زیادی می تواند وارد بدن این موجودات شود. این مسئله توسط محققان زیادی با اثبات رسید (Davenport, 1977; Elfving and Tedengren, 2002). بنابراین با توجه به اطلاعاتی که در گذشته در زمینه توانایی پالایش اویستر و زیست انباشته ساختن آلاینده ها در بافت هایش وجود دارد، در این مطالعه از این موجودات برای کاهش فلزات سنگین از آب استفاده شد.

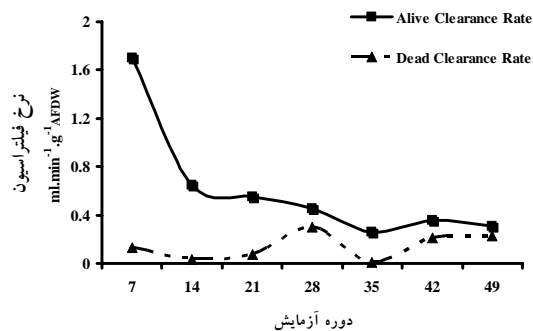
صدف های در معرض فلز کادمیوم (Cd)

نتایج T-Test اختلاف معنی داری را بین تیمار و کنترل در سطح ۰/۰۵ درصد نشان داد. میزان کاهش غلظت فلز کادمیوم در ارتباط با پالایش صدف *cucullata* در شکل ۴ دیده می شود. مطابق این شکل میزان کاهش غلظت فلز کادمیوم نسبت به غلظت اولیه در توده صدف های زنده (تیمار) نسبت به پوسته ها (کنترل) بیشتر و متوسط کاهش غلظت فلز کادمیوم در گروه کنترل (پوسته ها) نسبت به غلظت اولیه (۱۵۰ میکروگرم در لیتر) $138/73$ میکروگرم در لیتر بود.

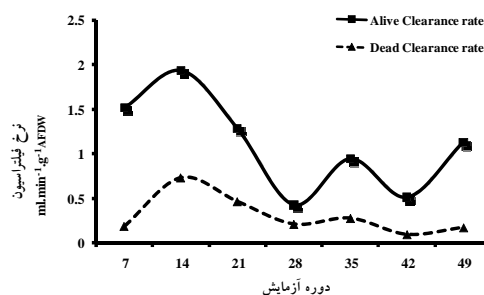
نمایی ذرات (یعنی اختلاف غلظت فلزات در ورودی و خروجی سیستم) استفاده شد.

با توجه به شکل های ۵ و ۷ میزان پالایش صدف هایی که در معرض کادمیوم قرار گرفتند نسبت به صدف هایی که در معرض مس بودند کاهش بیشتری را از خود نشان می دهد. علت این موضوع می تواند به چند مورد مربوط باشد. یکی از عواملی که می تواند در کاهش نرخ شفاف سازی آب صدف هایی که در معرض فلز کادمیوم قرار گرفتند نسبت به صدف های که در معرض مس قرار داشت نقش داشته باشد سمیت این عناصر است. به این ترتیب که فلز مس از فلزهای ضروری می باشد که موجود برای انجام فرایندهای زیستی خود نیاز به آن دارد (در پروتئین های تنفسی مثل هموسیانین). در حالی که فلز کادمیوم از فلزهای غیر ضروری می باشد که در فرایندهای زیستی موجود نیاز می باشد. Elfwing در سال ۲۰۰۲ نرخ پالایش را در سه گونه از اویسترها (*C. Saccostrea*، *Crassostrea lugubris*، *belcheri cucullata*) که در معرض ۲۰ میکروگرم فلز مس قرار گرفته بود محاسبه کرد. به این ترتیب نرخ پالایش صدف *S. cucullata* در معرض فلز $0.20 \text{ ml.min}^{-1}.\text{g}^{-1} \text{ DW}$ بدست آورد که این مقدار نسبت به پالایش صدف هایی که در معرض فلز نبود تفاوت زیادی نداشت.

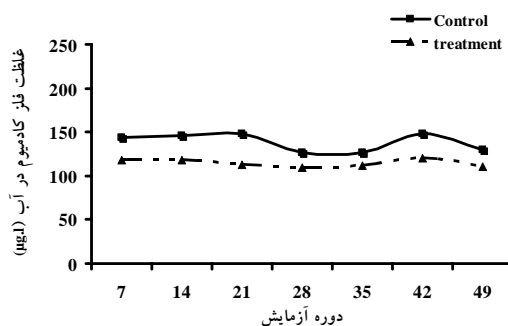
همچنین این پالایش نسبت به دو گونه دیگر بسیار بالاتر بود. این محقق تحت تاثیر قرار نگرفتن نرخ پالایش صدف *S. cucullata* را در مقابل فلز مس به منطقه ای که این صدف در آنجا زندگی می کند مربوط دانست. این صدف از جمله موجوداتی است که در مناطق بین جزرومدی زندگی می کند و به این دلیل که این منطقه دارای شرایط ناپایداری به لحاظ زندگی می باشد موجوداتی که در این مناطق زندگی می کنند به مرور زمان نسبت به تنش های محیطی (مثل مواجهه با آلودگی های مختلف) سازگاری بالایی را کسب نموده اند.



شکل ۲- نرخ پالایش گروه کنترل (پوسته ها) و تیمار صدف زنده) در معرض ۱۵۰ میکروگرم در لیتر کادمیوم

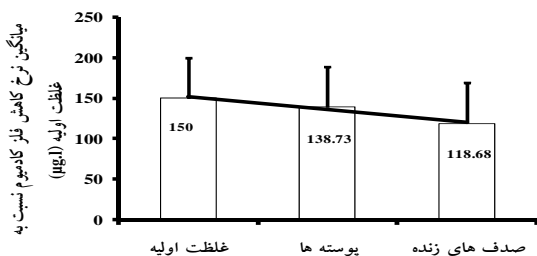


شکل ۳- نرخ پالایش دو گروه کنترل (پوسته ها) و تیمار صدف زنده) در معرض ۲۰۰ میکروگرم فلز مس

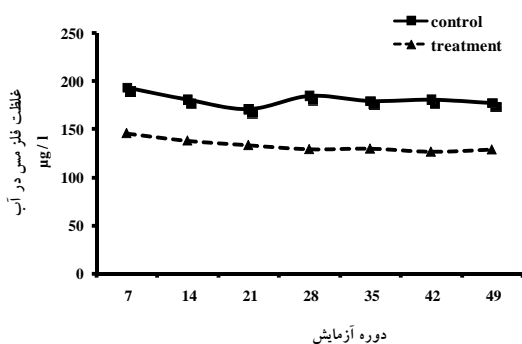


شکل ۴- تغییرات غلظت کادمیوم در گروه کنترل (پوسته ها) و تیمار صدف زنده) در طول آزمایش

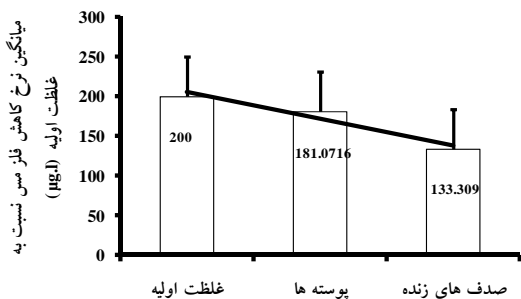
بنابراین میزان پالایش برابر با نرخ پمپاژ است (Green et al., 1999). برای تعیین نرخ پالایش از کاهش کادمیوم قرار گرفت، نرخ پالایش، کاهش زیادی نشان داد (Davenport, 1977; Manley, 1983). در ارتباط



شکل ۵- میانگین کاهش غلظت فلز کادمیوم در دو گروه کنترل (پوسته ها) و تیمار (صدف زنده) نسبت به غلظت اولیه در دوره آزمایش



شکل ۶- تغییرات غلظت فلز مس در دو گروه کنترل (پوسته ها) و تیمار (صدف زنده) در دوره آزمایش



شکل ۷- میانگین کاهش غلظت فلز مس در دو گروه کنترل (پوسته ها) و تیمار (صدف زنده) نسبت به غلظت اولیه در دوره آزمایش

در گونه ای دیگر از دوکفه ای ها به نام *Mytilus edulis* که در معرض فلزات مس و با نرخ کاهش فلزات در طول آزمایش همانطور که در نمودارهای ۴ و ۶ مشخص است، میزان کاهش فلزات سنگین نسبت به غلظت اولیه در گروه تمار (صدف های زنده) به گروه کنترل (پوسته ها) بیشتر است.

مقدار کاهش فلز کادمیوم به درصد و غلظت این فلز در زمان های مختلف آزمایش در جدول ۱ درج شده است. همچنین متوسط کاهش غلظت فلز کادمیوم توسط دو گروه آزمایش به درصد در شکل ۸ مشاهده می شود. همانند فلز کادمیوم مقدار کاهش غلظت فلز مس نیز در صدف های زنده نسبت به پوسته ها بیشتر بود (شکل ۶ و ۷). مقدار کاهش فلز مس به درصد و غلظت این فلز در زمان های مختلف آزمایش در جدول ۲ مشاهده می شود. همچنین متوسط کاهش غلظت فلز مس توسط دو گروه آزمایش به درصد در شکل ۹ ترسیم شده است.

نکته ای که در مورد کاهش این دو فلز جالب به نظر می رسد حذف فلزات توسط پوسته های مرده است. حذف فلزات توسط پوسته ها به چند طریق امکان پذیر است. پوسته دوکفه ای ها به عنوان منبع ذخیره ای فلزات سمی محسوب می شود. با این وجود محتوی فلزات سنگین در پوسته نرم تنان دریایی معمولاً نسبت به بافت های آنها کمتر است (Koide et al., 1982). یون های فلزی وارد ساختار کریستالی پوسته می شود، به این ترتیب که با کلسیم موجود در ترکیبات کربناته جایگزین و یا به صورت مستقیم توسط ترکیبات آلی موجود در پوسته جذب می شود. از دیگر نکاتی که می توان به آن اشاره داشت توانایی کاهش آلاینده ها در ارتباط با جوامعی است که روی پوسته های مرده زیست می کنند، که در این بین می توان به باکتری ها و قارچ ها اشاره کرد.

ورود نفت و ترکیبات آن از جمله فلزات سنگین به صورت یک آلاینده در محیط سبب جذب مواد از طرف جانداران دریایی و ورود آنها به زنجیره غذایی می شود و در نتیجه بر رشد، تولید مثل، حیات و مرگ و میر دریایی تاثیر می گذارد (Blackmore and Wang, 2003) به طوری که حتی در برخی موارد مصرف آنها از سوی انسان مضراتی به همراه دارد. با توجه به اینکه یکی از مشکلات امروز حذف آلودگی های ناشی از فعالیت های انسانی است، راه های گوناگونی برای حذف این آلودگی ها پیشنهاد شده است که یکی از مهم ترین شیوه ها، روش پالایش زیستی می باشد.

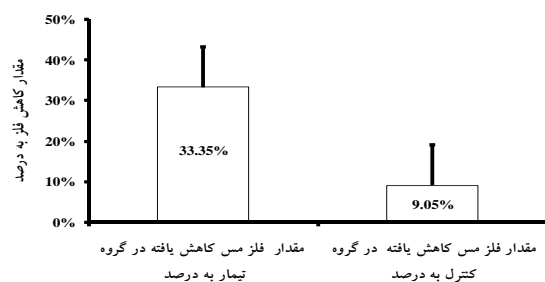
شناسایی میکروارگانیسم و موجودات مقاوم به فلزات نقش مهمی در ارتباط با آلودگی محیط و نهایتاً بهبود محیط ایفا می کند. با توجه به سطوح غلظت بسیار بالای برخی از فلزات در پساب ها و به طور کلی در محیط های آلوده به فلز، باکتری ها سازوکارهای مقاومتی ایجاد می کنند که منجر به ایجاد گونه های مقاوم با توانایی تحمل سمیت فلزی می شود. معمولاً این میکروارگانیسم ها در نتیجه تماس با محیط های آلوده به فلز ظاهر می شود (Sabry et al., 1997; Spain et al., 2003). بنابراین شناخت این میکروارگانیسم ها و مکانیسم هایی که آنها در جذب فلزات دارند به مدیریت آلاینده ها در محیط زیست کمک بسزایی خواهد کرد.

جدول ۱- تغییرات غلظت فلز کادمیوم نسبت به غلظت اولیه در طول زمان در دو گروه آزمایش

زمان (دقیقه)	غلظت فلز کادمیوم در آب گروه کنترل	درصد فلز کاهش یافته از آب توسط گروه کنترل	غلظت فلز کادمیوم در آب گروه تیمار	درصد فلز کاهش یافته از آب توسط گروه تیمار
۷	۱۴۳.۸	۴.۱۳%	۱۱۸.۲	۲۱.۲۰%
۱۴	۱۴۵.۴	۳.۰۷%	۱۱۸.۱	۲۱.۲۷%
۲۱	۱۴۸	۱.۳۳%	۱۱۲.۶	۲۴.۹۳%
۲۸	۱۲۶.۴	۱۵.۷۳%	۱۰۹	۲۷.۳۳%
۳۵	۱۲۷	۱۵.۳۳%	۱۱۱.۳	۲۵.۸۰%
۴۲	۱۴۸.۱	۱.۲۷%	۱۲۰	۲۰.۰۰%
۴۹	۱۳۰.۳	۱۳.۱۳%	۱۱۱	۲۶.۰۰%

جدول ۲- تغییرات غلظت فلز مس نسبت به غلظت اولیه در طول زمان در دو گروه آزمایش

زمان (دقیقه)	غلظت فلز مس در آب گروه کنترل	درصد فلز کاهش یافته از آب توسط گروه کنترل	غلظت فلز مس در آب گروه تیمار	درصد فلز کاهش یافته از آب توسط گروه تیمار
۷	۱۹۳.۶	۳.۲۰%	۱۴۵.۷	۲۷.۱۵%
۱۴	۱۸۰.۸	۹.۶۰%	۱۳۸.۲	۳۰.۹۰%
۲۱	۱۷۰.۸	۱۱.۶۸%	۱۳۳.۶	۳۳.۲۰%
۲۸	۱۸۴.۸	۷.۶۰%	۱۲۹.۵	۳۵.۲۵%
۳۵	۱۷۹.۴	۱۰.۳۰%	۱۳۰.۱	۳۴.۹۵%
۴۲	۱۸۰.۸	۹.۶۰%	۱۲۶.۹	۳۶.۵۵%
۴۹	۱۷۷.۳	۱۱.۳۵%	۱۲۹.۱	۳۵.۴۲%



شکل ۹- میانگین کاهش غلظت فلز مس نسبت به غلظت اولیه در دو گروه آزمایش (به درصد)



شکل ۸- میانگین کاهش غلظت فلز کادمیوم نسبت به غلظت اولیه در دو گروه آزمایش (به درصد)

مواد با انجام عمل پالایش وارد بافت ها شده و به این ترتیب عمل حذف آلاینده ها از محیط آبی انجام می گیرد. با توجه به نتایج گرفته شده صدف *S. cucullata* پتانسیل خوبی برای جذب آلاینده ها از محیط دارد و با ایجاد زیستگاه های مصنوعی برای نشست این صدف در مناطق آلوده خلیج فارس می توان گامی در جهت کاهش آلودگی این اکوسیستم ارزشمند برداشت.

اخیرا در دنیا بررسی توانایی جذب مواد آلاینده توسط دو کفه ای ها مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و مطالعات متعددی در زمینه میزان آلاینده های تجمع یافته در بافت دوکفه ای ها انجام می گیرد که به عنوان شاخصی جهت تعیین کیفیت آب و میزان آلاینده های موجود در آب به کار می رود. با توجه به اینکه در دوکفه ای ها عمل پالایش انجام می شود، در صورتی که در محیط زیست آنها، مواد آلاینده وجود داشته باشد، این

References

- 1- Abel, P.D. 1976. Effect of Some Pollutants on the Filtration Rate of *Mytilus*. Mar. Pollut. Bull, 7 (12): 228-31.
- 2- Alexander, M. 2000. Aging, Bioavailability and Overestimation of Risk from Environmental Pollutants. Environ. Sci. Technol., 34: 4259-4265.
- 3- Blackmore, G. and W.X. Wang. 2003. Comparison of Metal Accumulation in Mussels at Different Local and Global Scales. Environ. Toxicol. Chem., 22: 388-395.
- 4- Cassini, A.; L. Tallandani and N. Favero. 1986. Cadmium Bioaccumulation Studies in the Freshwater Molluscs (*Anodonta cygnea* & *Unio elongatulus*). University of Padua, 84(1): 35-41.
- 5- Cossa, D. 1988. Cadmium in *Mytilus* spp: Worldwide Survey and Relationship between Seawater and Mussel Content. Marine Environ. Res. 26: 265-284.
- 6- Davenport, J. 1977. A Study of the Effects of Copper Applied Continuously and Discontinuously to Specimens of *Mytilus edulis* (L). Exposed to Steady and Fluctuating Salinity Levels. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 57: 63-74.
- 7- Davids, C. 1964. The Influence of Suspensions of Microorganisms of Different Concentrations on the Pumping and Retention of Food by the Mussel (*Mytilus edulis* L.). Neth. J. Sea Res. 2: 233-49.
- 8- Elfwing, T and M. Tedengren. 2002. Effects of Copper on the Metabolism of Three Species of Tropical Oysters, *Saccostrea cucullata*, *Crassostrea lugubris* and *C. belcheri*. Aquaculture, 204: 157-166.
- 9- Esmaeili Sari, A. 2003. Pollutants on Health and Environment Standards. Naghshe Mehr Publishing, Tehran, 144 p. (in Persian)

- 10- Gholamhosseini, L.; A. Javanshir and A. Hassani. 2007. Study of Capability of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in Nitrate and Phosphate Indirect Removal from Urban Wastewater. Journal of Isfahan Water and Sewage, 61: 69-76. (in Persian)
- 11- Goldeberg, E.D.; V.T. Bowen; J.W. Farrington; G. Harvey; J.H. Martin; P.L. Parker; R.W. Risebrough; W. Robertson; E. Schneider and E. Gamble. 1987. The Mussel Watch. Environ. Conserv. 5(2): 101-125.
- 12- Green, R.H.; 1999. Use of Freshwater Mussels (Bivalve: Unionidae) to Monitor the Neashore Environment of lakes, Journal of Great Lakes Research, 15: 635-644.
- 13- Jamili, Sh. and Gh. Amini Ranjbar. 1998. Qualitative Study Petroleum Hydrocarbons in Water, Sediments and Oysters in the Northeastern Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 14(3):1-18. In Farsi.
- 14- Jørgenson, C.B. 1996) Bivalve Filter Feeding Revisited. Mar. Ecol. Prog. Ser. 142: 287-302.
- 15- Koide, M.; D.S. Lee and E.D. Goldberg. 1982. Metal and transuranic Records in Mussel Shells, Byssal Threads and Tissues. Est. Coast Shelf Sci. 15: 679-695.
- 16- Manley, A.R. 1983. The Effects of Copper on the Behavior, Respiration, Filtration and Ventilation Activity of *Mytilus edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K: 63: 205-222.
- 17- Mir, E.A. 1995. Marine Pollution Prevention. Islamic Republic of Iran Shipping Lines, 221p. (in Persian)
- 18- Riisgård, H. U.; E. Bjørnstad and F. Mohlenberg, 1987. Accumulation of Cadmium in the Mussel *Mytilus edulis*: Kinetics and Importance of Uptake via Food and Sea Water. Mar. Biol. 96: 349-53.
- 19- Sabry, S.A.; H.A. Ghozian and D.M. Abou-zeid. 1997. Metal Tolerance and Antibiotic Resistance Patterns of a Bacterial Population Isolated from Sea Water. J. Appl. Microb., 82: 245-252.
- 20- Spain, A. and E. Alm. 2003. Implication of Microbial Heavy Metal Tolerance in the Environment. Reviews in Undergraduate Research, 2:1-6.
- 21- Widdows, J. 2001. Bivalve Clearance Rates: Inaccurate Measurements or Inaccurate Reviews and Misrepresentation?. Mar. Ecol. Prog. Ser. 221:303-305.
- 22- Verma, T.; T. Srinath; R.U. Gadpayle; P.W. Ramteke and R.K. Hans. 2001. Chromate Tolerant Bacteria Isolated from Tannery Effluent. Bioresource Tech., 78: 31-35.

Rock oyster (*Sacostrea cucullata*) is able to absorb heavy metals? Case study: cadmium and copper absorption in forests Mangrove

H. Azarbad ^{1*}, A. Javanshir Khoi ², A.R. Mirvaghefi ³, A. Danehkar³

1- MSc. of Fishery science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran University

2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran University

3- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran University

(Received date 8/Nov./2009 , Accepted date 12/Mar./2011)

Abstract

Persian Gulf is known as one of the main areas of oil exploration and production, and in the meanwhile, this causes some problems for the contained water ecosystem by pollution. In this concern, one of the ways to face this problem is the use of oysters as biological treatment. *Sacostrea cucullata* is one of endemic oyster species to Persian Gulf that is known as one of the important filterers. The main goal of this study is to define the absorption amount of Cadmium (150 µg/l) and Copper (200 µg/l) by this species in complete natural conditions. A mesocosm system was designed for this purpose. The results showed that the refining rate is affected by the amount of Cadmium (from 1.69 ml/min.g AFDW to 0.04 ml/min.g AFDW) and Copper (from 2.16 ml/min.g AFDW to 0.42 ml/min.g AFDW) in an hour period in which it was still continuous. Despite the clearance rate was significantly reduced, however, live oysters reduced the amount of Cadmium and Copper from 150 and 200 µg/l to 118.68 and 133.30 µg/l respectively. It also has been depicted that the dead shells have a good ability to reduce the metal condensation. According to the results it can be concluded that *Sacostrea cucullata* can be used as biofilters with good clearance ability.

Key words: oil pollution, heavy metals, *Sacostrea cucullata*, Clearance Rate, Persian Gulf