

بررسی نرم تن *Chiton lamyi* از نظر شاخص زیستی آلودگی عناصر سمی کادمیم، مس، آرسنیک و جیوه در سواحل خلیج چابهار

مرتضی ضیاء الدینی^{۱*}، علی مهدی نیا^۲، زهرا یوسفیان پور^۱

۱. گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار
۲. گروه علوم زیستی دریا، پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی

چکیده

نرم تنان به دلیل توزیع جغرافیایی گسترده، فراوانی بالا در محیط بستر دریا، جذب انتخابی یون های خاص و طبیعت ساکن خود، به طور قابل ملاحظه ای برای شاخص بودن زیستی مناسب می باشند. کیتون، نرم تنی از شاخه ی بسپار صدفیان است و گونه ی *lamyi* آن روی صخره های ساحلی خلیج چابهار به وفور یافت می شود. بر اساس مطالعات صورت گرفته، این موجود می تواند به عنوان یک شاخص بالقوه برای سلامت بوم سازگان معرفی گردد، از این رو در این تحقیق نرم تن *Chiton lamyi* انتخاب شد تا میزان تجمع فلزات کادمیم، مس، آرسنیک و جیوه روی آن در خلیج چابهار مورد بررسی قرار گیرد. نمونه برداری آب و کیتون از چهار ایستگاه مد نظر انجام و پس از انتقال به آزمایشگاه و عملیات آماده سازی و هضم شیمیایی نمونه ها توسط اسید نیتریک، میزان این فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی (بخار سرد برای جیوه و کوره گرافیتی برای سایر فلزات) اندازه گیری شد. در ادامه با استفاده از داده های بدست آمده، فاکتور تجمع زیستی برای هر فلز بطور جداگانه محاسبه گردید که در این میان بیشترین مقدار فاکتور تجمع زیستی مربوط به فلز کادمیم در ایستگاه ۴ (دریا بزرگ) ($136/34 \pm 0/02$) و کمترین آن مربوط به جیوه در ایستگاه ۲ (ساحل دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی) ($1/88 \pm 0/02$) به دست آمد. پس از تحلیل های آماری نتایج، مشخص شد که این نرم تن می تواند به عنوان شاخص زیستی این آلاینده ها در سواحل خلیج چابهار معرفی گردد.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، *Chiton lamyi*، خلیج چابهار، تجمع زیستی

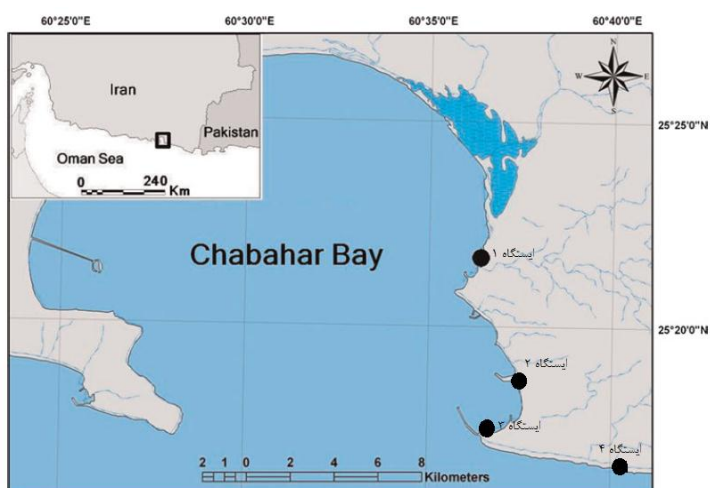
۱. مقدمه

از جمله آلاینده هایی که پایداری زیادی در محیط دارند، می توان به فلزات سنگین اشاره کرد (پاک، ۱۳۹۰). عناصری با جرم اتمی بیش از ۵۵/۸ گرم بر مول جزء فلزات سنگین محسوب می شوند، این عناصر غیر قابل تجزیه زیستی بوده و تمایل به تجمع در سامانه های زیستی دارند و زمانی که مقدار آنها بیش از حد مجاز باشد، خطراتی را برای سلامتی انسان ایجاد می کنند (Torresday et al., 2005). ورود و افزایش فلزات سنگین در محیط زیست می تواند ناشی از دو عامل فعالیت های انسانی و طبیعی باشد (Nriagu, 1989; Veena et al., 1997). از جمله منابع طبیعی فلزات سنگین صخره ها و خاک های کف و پوسته می باشند. بر اثر شرایط مختلفی که بر آنها اعمال می شود و تغییرات فیزیکی و شیمیایی که در آنها رخ می دهد فلزات سنگین موجود در آنها به محیط وارد می شوند. هم چنین، فعالیت های انسانی نیز می توانند باعث ورود این آلاینده ها به محیط شوند (Siegel et al., 2005). تجمع فلزات سنگین توسط موجودات آبی در بسیاری از موارد می تواند به عنوان یک فرآیند غیر قابل بازگشت در نظر گرفته شود، و این پدیده می تواند به بزرگ نمایی زیستی این فلزات در سطوح تغذیه بالاتر منجر شود (Yilmaz et al., 2007). شاخص های زیستی در تماس با محیط اطراف خود بوده و قادر هستند هر گونه تغییر سطح فلزات سنگین که در زیستگاه آنها رخ دهد را منعکس کنند (Craston, 1999). نرم تنان با توزیع جغرافیایی گسترده، فراوانی بالا در محیط بستر دریا، جذب انتخابی یون های خاص و طبیعت ساکن خود، به طور قابل ملاحظه ای برای شاخص زیستی مناسب شده اند (Blackmore, 1999; Blackmore and Wang, 2003). بر این اساس، کیتون که نرم تنی از شاخه ی بسیار صدفیان است و گونه ی *lamyi* آن روی

صخره های ساحلی خلیج چابهار به وفور یافت می شود، طبق پیش زمینه ی گزارش Shaw و همکاران (۲۰۰۹)، انتخاب شد تا شاخص آلودگی بودن آن در خلیج چابهار بررسی شود.

۲. مواد و روش ها

نمونه برداری آب و کیتون از ۴ ایستگاه واقع در سواحل چابهار در پاییز سال ۱۳۹۲ صورت گرفت. شکل ۱ نقشه و موقعیت ایستگاه ها، در منطقه مورد مطالعه و جدول ۱ مختصات جغرافیایی این ایستگاه ها را نشان می دهد.



شکل ۱. نقشه و موقعیت ایستگاه های مورد مطالعه



شکل ۲. نمایی از کیتون لامی در سواحل خلیج چابهار

جدول ۱. مختصات جغرافیایی و فعالیت های موجود در ایستگاه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	فعالیت های موجود
ایستگاه ۱ (تیس)	۶۰° ۳۶' ۳۰.۶" E, ۲۵° ۲۱' ۱۰.۴۶" N	اسکله صیادی، مجموعه تفریحی
ایستگاه ۲ (ساحل دانشگاه دریانوردی)	۶۰° ۳۷' ۲۷.۵۸" E, ۲۵° ۱۸' ۴۲.۲۰" N	اجتماعی، شهری
ایستگاه ۳ (اسکله هفت تیر)	۶۰° ۳۷' ۵.۷۲" E, ۲۵° ۱۷' ۳۴.۲۷" N	پهلویی انواع شناورها، تخلیه و بارگیری کشتی ها و فعالیت های صید و صیادی
ایستگاه ۴ (دریا بزرگ)	۶۱° ۳' ۱۰.۴۷" E, ۲۵° ۱۲' ۵.۲۲" N	مجموعه تفریحی، دسترسی مستقیم به آبهای آزاد

دمای ۹۰ درجه سانتی گراد برای آنالیز جیوه همزمان گردید (Anderson and Meyers, 2000). به منظور سنجش این فلزات در نمونه های آبی، به ۲۵ میلی لیتر آب فیلتر شده، ۵ میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ اضافه شد. محلول حاصل حدود نیم ساعت روی هیتر با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت دید و در آخر محلول در بالن حجم سنجی ۲۵ میلی لیتری با آب دو بار تقطیر، دوباره به حجم ۲۵ رسید (Baldwin and Marshall, 1999) و برای آنالیز جیوه، ۲۵ میلی لیتر نمونه آب برداشته شد و ۰/۵ میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ به آن اضافه شد (USEPA, 1998)، نمونه ها تا زمان تزریق به دستگاه در ظروف پلی اتیلنی در یخچال نگهداری شدند (Yap et al., 2002). سپس غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی مدل YOUNG LIN 8020 ساخت کره جنوبی اندازه گیری شد که شرایط دستگاه برای فلزات بررسی شده در جدول ۲ بیان شده است.

نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید و پردازش آماری داده ها با نرم افزار SPSS 22 انجام شد. به منظور بررسی پراکنش نرمال مشاهدات از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد و پس از حصول اطمینان از نرمال بودن توزیع مشاهدات، آنالیزهای آماری^۴ بر روی داده ها صورت گرفت.

از سواحل صخره ای هر ایستگاه تعداد ۱۵ کیتون (۳ تکرار) با استفاده از کاردک های فولادی ضد زنگ مقاوم جمع آوری شد. نمونه برداری آب نیز از نزدیکترین مکان به محل زندگی کیتون با استفاده از ظروف پلی اتیلنی انجام شد، نمونه برداری آب برای اندازه گیری جیوه، در ظروف کوارتزی انجام و بلافاصله pH محیط توسط نیتریک اسید ۶۵ درصد، اسیدی شد (pH=۲، ۵ میلی لیتر به ازای هرلیتر) (Anderson, 2006)، نمونه ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه قبل از شروع آنالیزها، بافت نرم کیتون ها جدا شده و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد در فریزر قرار داده شدند و نمونه های آب نیز در دمای ۴ درجه سانتیگراد در یخچال نگهداری شدند. بافت نرم موجود به مدت ۷۲ ساعت (تا ثابت شدن وزن) در خشک کننده انجمادی^۱ خشک گردیده سپس با هاون چینی کاملا پودر و یکنواخت شدند (shi et al., 2005). جهت سنجش فلزات کادمیم، مس و آرسنیک به ازای هر گرم پودر خشک یکنواخت شده، از ۷ میلی لیتر نیتریک اسید ۶۵ درصد و ۳ میلی لیتر هیدروکلریدریک اسید ۳۷ درصد جهت عملیات هضم استفاده شد^۲ (قیطاسی، ۱۳۹۲). ۲ گرم از نمونه پودر شده با ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ^۳ در ظرف تفلونی به مدت یک ساعت در آون با

۱. Freeze drier.

۲. ظرف نمونه توسط ورقه آلومینیومی پوشانیده شد و به مدت

۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه در زیر هود قرار گرفت

۳. همان ۶۵ درصد

۴. حدود، به دلیل کوچک بودن انحراف استاندارد ذکر نشده

است.

جدول ۲. اطلاعات دستگاه جذب اتمی برای آنالیز فلزات

سنگین Hg و Cd، As، Cu

عصر	طول موج	دمای خاکستر شدن (°C)
Cu	۳۲۴/۷۰	۵۰۰
As	۱۹۳/۷۰	۱۱۰۰
Cd	۲۲۸/۸۰	۲۵۰

برای جیوه با طول موج ۲۵۳/۷۰ از شعله هوا-استیلن در روش تولید هیدرید^۱ استفاده شد.

۳. نتایج

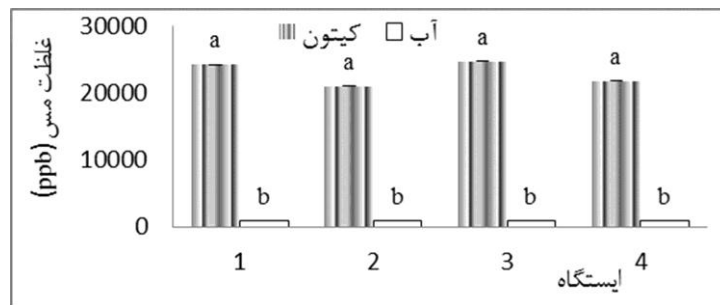
غلظت مس در بافت نرم کیتون لامی در ایستگاه های مختلف بین $21.37/23$ تا $247.34/0.3 \pm 0.1$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک، سنجیده شد که ترتیب توالی غلظت این فلز در ۴ ایستگاه به صورت $3 < 1 < 2 < 4$ بود. توزیع غلظت این فلز در نمونه آب به صورت $2 < 1 < 3 < 4$ بوده که بیشترین مقدار آن $844/70 \pm 0.1$ و کمترین مقدار آن $922/34 \pm 0.1$ میکروگرم بر لیتر می باشد. غلظت آرسنیک در نمونه کیتون در ایستگاه ۱ با $18168/35 \pm 0.1$ بیشترین و در ایستگاه ۴ با $1020/42 \pm 0.1$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک، کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. توزیع غلظت این شبه فلز در نمونه آب در ایستگاه های مختلف به ترتیب $3 < 2 < 4 < 1$ به دست آمد که مقادیر آن بین $115/31$ تا $435/73$ میکروگرم بر لیتر متغیر بود. توزیع غلظت جیوه نیز در ۴ ایستگاه در نمونه های کیتون و آب به ترتیب $1 < 2 < 3 < 4$ و $2 < 3 < 4 < 1$ به دست آمد که بیشترین و کمترین مقدار آن در کیتون بین $61/51 \pm 0.2$

$38/57 \pm 0.1/0.3$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه و در آب به ترتیب $20/46 \pm 0.28$ و $16/87 \pm 0.1/0.9$ میکروگرم بر لیتر متغیر بود. توزیع غلظت کادمیم نیز در ایستگاه های مورد مطالعه در نمونه های کیتون و آب به ترتیب $3 < 4 < 1 < 2$ و $2 < 3 < 4 < 1$ به دست آمد که بیشترین و کمترین مقدار این فلز در کیتون $2579/00$ و $1731/74$ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک نمونه و در آب $33/31 \pm 0.1/0.2$ و $16/86$ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد. نمودارهای ۱ تا ۴ با اعمال آنالیزهای آماری در سطح معنی داری 0.05 برای ۴ فلز در ۲ نمونه آب و کیتون در ۴ ایستگاه رسم شده است که طبق این نمودارها غلظت فلزات در ایستگاه های مختلف با هم تفاوت معنی داری نداشته^۳ اما غلظت ها در نمونه های آب و کیتون تفاوت معنی داری با هم دارند ($P < 0.05$).

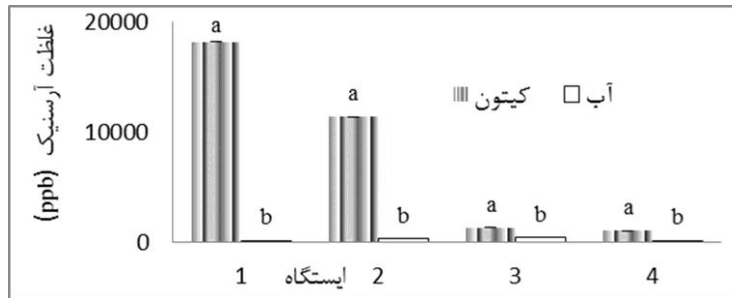
Hydride generation . ۱

۵. واریانس دو طرفه

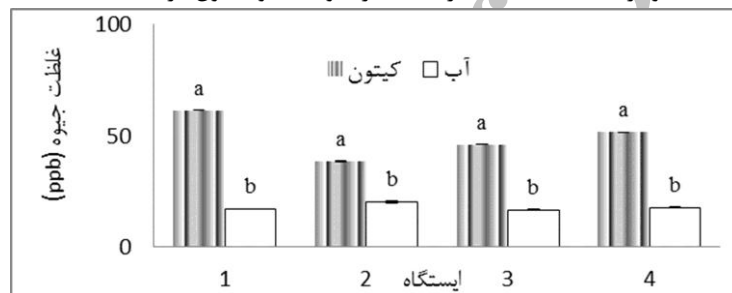
۳. حروف لاتین مختلف (نظیر a و b) در نمودارها نشان دهنده ی تفاوت معنی دار آماری ($P < 0.05$) هستند.



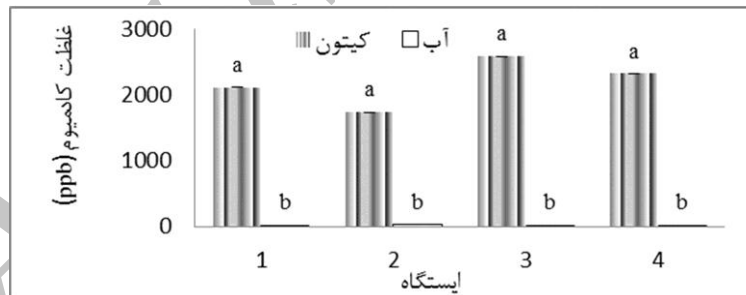
نمودار ۱. مقایسه غلظت مس در نمونه آب و کیتون در ۴ ایستگاه



نمودار ۲. مقایسه غلظت آرسنیک در نمونه آب و کیتون در ۴ ایستگاه



نمودار ۳. مقایسه غلظت جیوه در نمونه آب و کیتون در ۴ ایستگاه



نمودار ۴. مقایسه غلظت کادمیم در نمونه آب و کیتون در ۴ ایستگاه

۴. بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده، توالی غلظت فلزات سنگین در ۴ ایستگاه در نمونه کیتون و آب به صورت $Cu > As > Cd > Hg$ می باشد. این روند نشان می دهد فلز مس در نرم تن کیتون لامی نسبت به فلزات آرسنیک، کادمیم و جیوه دارای مقادیر بالاتری می باشد. به طور کلی برخی از صدف ها و نرم تنان می

توانند فلزاتی مانند مس را در غلظت هایی بسیار بالا بدون هیچ گونه اثرات زیان آور در بدن خود تجمع دهند (Chen and Chen, 2003) و از آن برای ساخت هموسیانین جهت انجام فرایند تنفس استفاده کنند (Fowler et al., 2007). به احتمال زیاد غلظت بالای مس در کیتون می تواند مربوط به غلظت بالای هموسیانین در بدن این نرم تن باشد. آرسنیک

مقدار بالایی از آن در نمونه کیتون در ایستگاه ۳ (اسکله هفت تیر) مشاهده شده است که دلیل عمده آن می تواند ریزش مواد نفتی حاصل از سوختگیری و تعمیر لنج های باربری و قایق های ماهی گیری در این اسکله باشد. دلیل دیگر آن می تواند ناشی از رنگ بدنه لنج هایی که در این اسکله پهلو می گیرند باشد چون این فلز در رنگ هایی که برای آبکاری استفاده می شوند و همچنین در مواد نگهدارنده رنگ بکار می رود (CCREM, 1987). میانگین غلظت جیوه در بافت نرم کیتون همانطور که در جدول ۵ آمده است پایین تر از حد مجاز آن در استانداردهای بین المللی است (۰/۰۴۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک نمونه) در حالیکه طبق جدول ۳ متوسط غلظت آن در نمونه آب بیش از میزان استاندارد این عنصر در آب های ساحلی است (۱۸/۱۵ میکروگرم بر لیتر) که این می تواند بیانگر میزان جذب پایین جیوه توسط این نرم تن دریایی باشد. ایستگاه ۲ بیشترین آلودگی نسبت به جیوه را به خود اختصاص داده است که می توان دلیل عمده آن را محصور بودن آبهای ساحلی این ناحیه بین دو اسکله مهم شهید کلانتری و هفت تیر و پهلوگیری و تعمیر لنج های باربری و صیادی، بر شمرد.

عنصری سمی است که منابع ورودی طبیعی آن به دریا اساساً رودخانه ها هستند (پاک، ۱۳۹۰). آرسنیک از طریق فاضلاب صنایع مختلف از جمله صنایع دباغی، سرامیک سازی، معادن (فسفاته)، سموم ضد آفات نباتی، پاک کننده ها و کودهای شیمیایی وارد آب می شود (کمره ئی و همکاران، ۱۳۸۸). هرچند این صنایع در چابهار هنوز توسعه چندانی نیافته اند اما رودخانه های فصلی در چابهار وجود دارند که هنگام ریزش باران های تند و جاری شدن آب مقدار زیادی از فلزات و آلاینده هایی که در خاک نهشته شده اند را با خود شسته و به دریا وارد می کنند که احتمالاً مقدار بالای آرسنیک در ایستگاه ۱ به همین دلیل باشد اما در کل طبق جدول ۳ میانگین غلظت این فلز بر خلاف سایر فلزات مورد مطالعه در آبهای ساحلی خلیج چابهار از حد استانداردش پایین تر می باشد. کادمیم نیز آلاینده ای با منشا انسانی است و دامنه تغییرات غلظت این فلز بالاست و در حوزه های ساحلی که تحت تاثیر فعالیت های انسانی قرار دارند، این فلز در غلظتی بالاتر از حد معمول وجود دارد (منوچهری و همکاران، ۱۳۸۷). داده های جدول ۳ نشان می دهد غلظت کادمیم در آبهای ساحلی چابهار بالاتر از حد استاندارد است و

جدول ۳. مقایسه مقادیر مجاز فلزات سنگین در آب سواحل با مقادیر میانگین به دست آمده در این مطالعه (پاک، ۱۳۹۰)

فلز	مقدار استاندارد (میکروگرم بر لیتر)	مطالعه حاضر (میکروگرم بر لیتر)
کادمیم	۷/۷	۲۱/۷۵
آرسنیک	۶۰۰	۲۴۰/۳۰
مس	۲/۹	۸۸۸/۲۹
جیوه	۰/۱	۱۸/۱۵

شهرهای حاشیه دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان بسیار عمده می باشد (Anderson et al., 2004). با توجه به استعمال صورت گرفته از شرکت آب و فاضلاب چابهار، این شهرستان فاقد سیستم دفع فاضلاب شهری است و فاضلاب شهر به صورت چاه های جذبی دفع می شود و در نهایت به دلیل ارتفاع

طبق اطلاعات جدول ۳، مقدار میانگین فلزات سنگین در نمونه های آب منطقه به جز آرسنیک بیش از حد استاندارد آب های ساحلی می باشد. حدود ۹۰ درصد از آب مصرفی پس از استفاده، از طریق چاه های جذبی دفع می گردند و به سفره های زیرزمینی نفوذ می کنند. مطالعات نشان می دهد این مشکلات در

کم شهرستان از سطح دریا به آبهای ساحلی راه می یابد که این می تواند یکی از دلایل افزایش میزان آلودگی های ناشی از فلزات سنگین در آبهای ساحلی این منطقه باشد.

جدول ۴. مقایسه مقادیر فلزات سنگین در نرم تن کیتون لامی با سایر نرم تنان (میکروگرم بر گرم وزن خشک نمونه)

منبع	As	Hg	Cd	Cu	جاندار
(De Mora <i>et al.</i> , 2004)	۱۱/۱	۰/۱۴۷	۱۹/۹	۱۳۰	اویستر صخره ای در عربستان
(Usero <i>et al.</i> , 2005)	۸/۵	۰/۱۲	۰/۱۹	۱۷۵	<i>D. trunculus</i>
(Usero <i>et al.</i> , 2005)	۶/۴	۰/۰۵	۰/۳۳	۳۸	<i>C. gallina</i>
(قیطاسی، ۱۳۹۲)	۱/۷۱	-	۱/۹۶	۶/۳۵	اویستر صخره ای در چابهار
مطالعه حاضر	۷/۹۷	۰/۰۴۹	۲/۱۸	۲۲/۹۶	<i>Chiton lamyi</i>

در جدول ۴ مقایسه ای بین غلظت فلزات سنگین در کیتون لامی با سایر نرم تنان انجام شده است که با توجه به یکسان بودن مکان نمونه برداری (سواحل خلیج چابهار) در گزارش قیطاسی می توان تجمع بالای این فلزات به جز جیوه را در کیتون نتیجه گرفت.

جدول ۵. مقادیر مجاز فلزات سنگین در جانداران براساس استانداردهای ملی و بین المللی (میکروگرم بر گرم وزن تر نمونه)

منبع	Hg	Cd	Cu	استاندارد
(Shulkin <i>et al.</i> , 2003)	۰/۵	۰/۲	۱۰	^۱ WHO
(Shulkin <i>et al.</i> , 2003)	۰/۵	۰/۷۵	۳۰	^۲ FAO
(Chen and Chen, 2003)	۱	۲	۳۰	^۳ NHMRC

جدول ۶. مقایسه مقادیر BAF در نمونه کیتون *lamyi* در ۴ ایستگاه مختلف

عنصر	Cu	AS	Hg	Cd
ایستگاه ۱	۲۷/۴	۱۵۷/۵۶	۳/۵۴	۱۲۵/۱۶
ایستگاه ۲	۲۲/۸۱	۴۲/۵۶	۱/۸۸	۵۱/۹۹
ایستگاه ۳	۲۷/۴۵	۳/۰۴	۲/۷۳	۱۳۰/۰۵
ایستگاه ۴	۲۵/۸۲	۷/۱۴	۲/۸۹	۱۳۶/۳۴

۱. World Health Organization

۲. Food and Agriculture Organization

۳. National Health Medical Research Council

خود می تواند دلیلی بر معرفی نرم تن کیتون لامی به عنوان شاخص زیستی مناسب در پایش آلودگی عناصر سمی کادمیم، مس، آرسنیک و جیوه در نواحی ساحلی باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از کارشناسان آزمایشگاه دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار و جناب آقای دکتر حسین جعفری به خاطر همکاری در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

پاک، ع. ۱۳۹۰. راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی، جلد دوم، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، صفحه: ۷-۳۴۱.

قیطاسی، ه. ۱۳۹۲. پایش زیستی غلظت فلزات سنگین در اویسترهای بین جزر و مدی خلیج چابهار در دریای عمان، پایان نامه کارشناسی ارشد، زیست شناسی دریا-جانوران، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار.

کمره ئی، ب.، میر حسینی، س.، جعفری، ع.، عسگری، ق.، بیرجندی، م.، و رستمی، ز. ۱۳۸۸. اندازه گیری غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، باریم، کادمیوم، جیوه، سرب و کرم) در منابع آب و رودخانه شهر بروجرد در سال ۱۳۸۸-۱۳۷۸. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان ۱۱(۴)، ۴۵-۵۱.

منوچهری، ح.، نیکویان، ع.، ولی نسب، ت.، نژادبهراری، ف.، ماجدی، م.، چنگیزی، ر.، و همکاران. ۱۳۸۷. بررسی اثرات سرب و کادمیم بر آب، رسوب و جوامع ماکروبتیک خور زنگی (از انشعابات خور موسی در خلیج فارس)، شیلات ۲: ۱۱-۲۲.

Anderson, K. A. and Meyers, R. A. 2000. Mercury analysis in environmental samples by cold vapor techniques. John Wiley & Sons Ltd, Chichester: 2890-2903.

Anderson, P. K., Cunningham, A. A., Patel, N. G., Morales, F. J., Epstein, P. R. and Daszak, P. 2004. Emerging infectious diseases of

مقایسه میانگین غلظت فلزات مس، کادمیم و جیوه در جدول ۵ با مقادیر مجاز این فلزات در استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار جهانی (FAO) و انجمن تحقیقات پزشکی سلامت عمومی (NHMRC) نشان می دهد غلظت مس در کیتون بر اساس WHO بالاتر از حد مجاز بوده، اما از مقدار استاندارد FAO و NHMRC کمتر است. غلظت کادمیم از حد مجاز تعیین شده بالاتر و غلظت جیوه به میزان زیادی پایین تر از استانداردها می باشد.

با توجه به اینکه هدف از این تحقیق بررسی نرم تن کیتون لامی از نظر شاخص زیستی، آلودگی عناصر سمی کادمیم، مس، جیوه و آرسنیک در آب های ساحلی چابهار است لذا محاسبه فاکتور تجمع زیستی^۱ (BAF) جهت این امر ضروری به نظر می رسید. از این رو این فاکتور برای ۴ فلز در ۴ ایستگاه با فرمول (۱) محاسبه گردید (Otitoloju *et al.*, 2009) که جزئیات آن در جدول ۶ قید گردیده است. همچنین نتایج آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که این فاکتور در ایستگاه های مختلف با هم تفاوت معنی داری نداشته، اما در فلزات مختلف دارای تفاوت معنی دار می باشد ($P < 0.05$).

فرمول (۱)

غلظت فلز در آب / غلظت فلز در ارگانسیم = (BAF) فاکتور تجمع زیستی

اگر مقدار BAF محاسبه شده، پایین تر از ۱ باشد به این معنی است که تجمع در موجود اتفاق نیفتاده و موجود فقط قادر به جذب فلزات می باشد (Chopra and Pathak, 2012). اطلاعات جدول ۶ نشان می دهد که به جز تجمع زیستی آرسنیک در ایستگاه ۱، در بقیه موارد کادمیم بیشترین مقدار تجمع را به خود اختصاص داده است و به طور کلی تمامی این مقادیر بالاتر از ۱ و بین ۱/۸۸ تا ۱۵۷/۵۶ متغیر بوده که این

^۱ Bio Accumulation Factor .

- marine organisms from Dhofar, southern Oman. *Mar. Pollut. Bull.* 54: 339-367.
- Nriagu, JO. 1989. A global assessment of the natural sources of atmosphere traces metals. *Nature*. 338: 47-49.
- Otitolaju, A. Elegba, O., Osibona, A. (2009) Biological responses in edible crab, *Callinectes amnicola* that could serve as markers of heavy metals pollution. *J. Environ. Sci.* 29:37-46.
- Shi, J., Liang, L., Jiang, G., Jin, X. 2005. The speciation and bioavailability of mercury in sediments of Haihe River, China. *Environ. Int.* 31: 357-365.
- Shulkin, V.M., Presley, B.J. and Kavun, V.I. 2003. Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster assimilation of sediment-bound metals in clams and mussels. *Environ. Sci. Technol.* 34: 91-99.
- Siegel, F.R. Adriano, D.C. Press, F. Sievers, R. Mitchell, R.L et al. 2005. Sources and origins of heavy metals, Bradl, H. B. Heavy metals in the Environment. First edition, University of Applied Sciences Trier Neubrucke. Elsevier, Germany, pp: 1-25.
- Shaw, J., Clode, P., Brooker, L. and Maker, G. 2009. The *Chiton fauna* of the Swan River Estuary and their potential role as indicators of environmental contamination. Final report in University of Western Australia. Australia.
- Torresday, J. L., Videia, J. R. P., Rosa, G. D. and Parsons, J. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordin. Chem. Rev.* 249: 1797-1810.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 1998. Solid Waste (SW) Methods, Available at: <http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/index.htm>.
- Usero, J., Morillo, J., & Gracia, I. (2005). Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*, 59, 1175-1181.
- Veena, B., Radhakrishnan, CK. and Chacko, J. 1997. Heavy metal induced biochemical effects in an estuarine teleost. *Indian. J. Mar. Sci.* 26: 74-78.
- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G. and Omar, H. 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west plants: pathogen pollution, climate change and agro technology drivers. *Trends. Ecol. Evol.* 19: 535-544.
- Anderson, K. A. 2006. Mercury Analysis in Environmental Samples by Cold Vapor Techniques. John Wiley & Sons Ltd, Encyclopedia of Analytical Chemistry 1: 1-14.
- Blackmore, G. 1999. Temporal and spatial biomonitoring of heavy metals in Hong Kong coastal waters using *Tetraclita squamosa*. *Environ. Pollut.* 106: 273-283.
- Blackmore, G. and Wang, W. X. 2003. Comparison of metal accumulation in mussels at different local and global scales. *Environ. Toxicol. Chem.* 22: 388-395.
- Baldwin, D. R. and Marshall, W. J. 1999. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. *Ann. Clin. Biochem* 36: 267-300.
- CCREM (Canadian council of Resource and Environment Ministers) 1987. Canadian water quality prepared by the task force on water quality guidelines.
- Craston, P. S. 1999. Biomonitoring and invertebrate taxonomy. *Environ. Monit. Assess.* 14: 265-273.
- Chen, C.Y. and Chen, M.H. 2003. Investigation of Zn, Cu, Cd and Hg Concentrations in the Oyster of Chi-ku, Taishi and Tapeng Bay, Southwestern. *J. Food Drug Analy.* 11: 32-38.
- Caussy, D., Gurzau, D. M. Neagu, C., Ruedel, H. 2003. Ecotoxicology and lessons from case studies of metals: investigating exposure, bioavailability and risk. *Environ. Safe* 56:45-51.
- Chopra, A. K. and Pathak, C. 2012. Bioaccumulation and Translocation Efficiency of Heavy Metals in Vegetables Grown on Long-Term Wastewater Irrigated Soil Near Bindal River, Dehradun. *Agric. Res* 1: 157-164.
- De Mora, S., Fowler, S. W., Wyse, E., & Azemard, S. 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin.* 49: 410-424.
- Esmaeili-Sari, A. 2008. Mercury in the Environment. Nashr-e Novin Press, Tehran, Iran p: 228.
- Fowler, W.S., Villeneuve, J., Wyse, E., Jupp, B., De Mora, B.S. 2007. Temporal survey of petroleum hydrocarbons, organochlorinated compounds and heavy metals in benthic

Yilmaz, F., Ozdemir, N. and Tuna, A.L. 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalous* and *Lepomis gibbosus*. *Food. Chem.* 100: 830-835.

coast of Peninsular Malaysia. *Environ. Int.* 28: 117-128.

Archive of SID

Assessment of *Chiton lamyi* mollusk as a biological indicator of heavy metals such as Cd, Cu, As and Hg in the coast of Chabahar Bay

Morteza Ziyaadini^{1*}, Ali Mehdinia², Zahra Yousofiyanpour¹

1. Department of Marine Chemistry, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University.
2. Living Science Department, Marine Science Faculty, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science.

Abstract

Mollusks are remarkably appropriate as a bio-indicator due to their wide geographical distribution, high abundance in benthic environments, selective absorption of certain ions and their motionless nature. *Chiton*, a mollusk of the phylum of Polyplacophora, and of its *lamyi* species is abundant in Chabahar Bay coastal rocks. Based on previous studies, this animal can be introduced as a potential indicator of Ecosystem Health; hence *Chiton* was chosen to be investigated rate of accumulation of metals, Cd, Cu, As and Hg in Chabahar Bay. After sampling four major stations, the samples were prepared and Cold Vapor Atomic Absorption apparatus were used for measurement of mercury and graphite furnace method was used for measuring other metals. Then, using the obtained data, bioaccumulation factor was calculated for each metal separately in the maximum amount of cadmium bioaccumulation factor at station 4 (Great sea) (136.34 ± 0.02) and the lowest mercury at station 2 (Coast of Maritime University) (1.88 ± 0.02), respectively. After statistical analysis of the results, it was found that *Chiton* can be introduced as a bio-indicator of the mentioned contaminants in the coast of Chabahar Bay.

Keywords: Bioaccumulation factor, Chabahar bay, *Chiton lamyi*, heavy metals