تعیین غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت نرم جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum ilicifolium*) و لابستر صخره‌ای (*Panulirus homarus*) قبل و بعد از بروز مانسون

علی مهدی آبکنار*[۱]، مازیار یحیوی[۲]، امیر هوشنگ بحری[۲]، محمدرضا بیواره[۳]

*aliabkenar@gamil.com

۱-گروه شیلات، واحد چابهار، دانشگاه آزاد اسلامی، چابهار، ایران
۲- گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
۳- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گلستان، ایران

تاریخ دریافت: آذر۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اسفند۱۳۹۷

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی و مقایسه میزان تجمع چهار فلز سرب (Pb)، مس (Cu)، کادمیوم (Cd) و جیوه (Hg) در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum illicifolium*) و لابستر صخره‌ای (*Panuliros homaros*) در دو بازه زمانی قبل و بعد از مانسون در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان انجام شد. تعداد ۵۰ نمونه از هر گونه در فصول بهار و پاییز سال ۱۳۹۶ از ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر تهیه شد. آماده‌سازی نمونه‌ها با روش هضم مرطوب و اندازه‌گیری میزان تجمع فلزات با دستگاه جذب اتمی انجام شد. اختلاف معنی‌داری در میزان تجمع فلزات سنگین در شرایط قبل و بعد از مانسون در بافت هر دو گونه مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). مقایسه میزان تجمع فلزات در شرایط قبل و بعد از مانسون اختلاف معنی‌داری فقط در میزان تجمع کادمیوم در بافت عضله لابستر صخره‌ای نشان داد ($p<۰/۰۵$). میزان تجمع این فلز بعد از مانسون در مقایسه با شرایط قبل از آن کاهش معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). مقایسه نتایج با حد استانداردهای بین‌المللی (WHO، FDA، NHMRC و سازمان استاندارد ملی ایران) نشان داد که سطح هر چهار فلز در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم کمتر از حد مجاز استانداردها بود. سطح سرب در بافت لابستر صخره‌ای نیز از تمامی استانداردها پایین‌تر بود؛ اما سطوح مس، کادمیوم و جیوه بالاتر از حد مجاز استانداردها اندازه‌گیری شد. درمجموع، نتایج این تحقیق می‌تواند تا حدودی بیانگر وضعیت نامناسب زیستی در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان باشد.

کلمات کلیدی: مانسون، دریای عمان، فلزات سنگین، جلبک، لابستر

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

مقدمه

فلزات سنگین عناصر طبیعی موجود در محیط زیست هستند که در غلظت‌های مختلف در سرتاسر کره زمین یافت می‌شوند. بر خلاف سموم آلی، فلزات سنگین به عنوان ترکیبات غیرقابل تجزیه شناخته می‌شوند (Garrett, 2000). برخی از آنها از قبیل مس، روی، آهن، کبالت، مولیبدن و نیکل و چندین فلز دیگر به عنوان فلزات ضروری شناخته می‌شوند و در صورتی که سطح آنها از مقدار مشخصی بالاتر باشد، به عنوان فلزات سمی در نظر گرفته می‌شوند. در حالیکه برخی دیگر از این فلزات مانند وانادیوم، کادمیوم، سرب و جیوه به دلیل اثرات مضر آنها حتی در غلظت‌های پایین نیز به عنوان عناصر سمی طبقه‌بندی می‌شوند (Michael, 2010). اگرچه فلزات به عنوان یکی از اجزای طبیعی زمین شناخته می‌شوند و در تمام محیط‌ها حضور دارند، اما غلظت آنها تحت تأثیر فعالیت‌های مختلف انسانی بشدت متغیر است (Guerzoni *et al.*, 1984). از آنجائیکه فلزات سنگین در محیط‌زیست سمی و غیرقابل تجزیه هستند، آلودگی رسوبات توسط آنها خطر اکولوژیک بزرگی برای اکوسیستم‌های سواحل دریایی ایجاد می‌کند (Garcia *et al.*, 2008). چنین آلودگی‌هایی سبب ایجاد اثرات نامطلوب بیولوژیک و بروز بیماری‌های مختلف در گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود و منجر به از دست رفتن یا تغییر زیستگاه می‌گردد (Nee and May, 1992). هنگامی‌که این فلزات توسط موجودات آبزی مورد مصرف قرار گیرند، می‌توانند سبب ورود به زنجیره غذایی و احتمالاً انتقال به سطوح مختلف غذایی و در نهایت بروز اثرات سوء بر انسان در اثر مصرف غذاهای دریایی آلوده گردند (Bryan *et al.*, 1979).

از نظر زیست محیطی مناطق ساحلی را می‌توان به عنوان یک فضای توپوگرافیک بین اکوسیستم‌های زمینی و دریایی در نظر گرفت که برای ادامه حیات گیاهان و حیوانات دریایی نقش بسیار مهمی دارند (Castro *et al.*, 1999). غلظت فلزات سنگین در سواحل دریایی به عنوان شاخصی برای بررسی تغییرات بوجود آمده توسط انسان و خطرات احتمالی آن برای محیط‌زیست شناخته می‌شود. بنابراین، مهم است که مسیر این فلزات سنگین در اکوسیستم‌های ساحلی مورد ارزیابی قرار گیرد (Gibson, 1994). صنعتی سازی و ایجاد تحولات مدرن در امتداد مناطق ساحلی سبب افزایش غلظت فلزات سنگین در این مناطق شده است (Cobelo-Garcia and Prego, 2003). بیشتر صنایع نسبت به تخلیه مواد شیمیایی در کنار نواحی ساحلی اقدام می‌نمایند که بنوبه خود باعث ایجاد تغییرات زیادی در سطح زیستگاه، توزیع گونه‌ها و دوره‌های بیو-ژئوشیمیایی می‌گردد (Karthikeyan *et al.*, 2007). در طول ۲۵ سال گذشته، سطوح بالایی از انواع مختلف فلزات سنگین و ترکیبات آنها، از نوع آلی و معدنی، از طریق فعالیت‌های انسانی به سواحل وارد شده است (Komarnicki, 2005). در برخی موارد سطح این فلزات در جانوران بالای زنجیره‌های غذایی همانند ماهیان می‌تواند حاوی مقادیری بیش از چندین برابر در مقایسه با محیط‌های آبی یا رسوبات باشد. ارزیابی توزیع فلزات سنگین در نواحی ساحلی به منظور سلامت حیوانات آبزی و بنوبه خود سلامت مصرف‌کنندگان از غذاهای دریایی مسئله مهمی است. با توجه به موارد مذکور در مطالعه حاضر، غلظت چهار فلز سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت خوراکی جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*S. illicifolium*) و لابستر صخره‌ای (*P. homarus*) به عنوان گونه‌های بومی حاضر در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان در پنج ایستگاه مختلف (بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر) در دو بازه زمانی قبل و بعد از مانسون مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین، عملیات نمونه‌برداری از بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم و لابستر صخره‌ای در دو بازه زمانی قبل از بروز مانسون از فرودین لغایت خردادماه و بعد از بروز مانسون از مهر لغایت آذرماه سال ۱۳۹۶ در پنج ایستگاه بترتیب از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه در ایستگاه بندر جاسک (هرمزگان) و ایستگاه‌های صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به عنوان شرقی‌ترین نقطه دریای عمان در استان

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

سیستان و بلوچستان انجام شد (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه در جدول ۱ ارائه شده است. به منظور نمونه‌برداری از هر ایستگاه تعداد ۱۰ نمونه جلبک قهوه‌ای سارگاسوم و لابستر صخره‌ای تهیه شد. نمونه‌های تهیه شده درون یونولیت‌های پر از یخ به آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس منتقل شدند (Delman *et al.*, 2006).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌ها در منطقه مورد مطالعه
Figure 1: The location of stations in study area.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها
Table 1: The geographical location of stations.

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بندر جاسک	۵۷° ۷۷□ ۹۵″	۲۵° ۶۵□ ۷۷ ″
صیدگاه درک	۵۹° ۴۷′ ۱۸″	۲۵° ۴۷□ ۵۵″
بندر پزم	۶۰° ۳۱□ ۱۲″	۲۵° ۳۵□ ۴۲″
خلیج چابهار	۶۰° ۴۹□ ۵۹″	۲۵° ۳۰□ ۱۹″
بندر گواتر	۶۱° ۵۲□ ۱۲″	۲۵° ۱۸□ ۳۵″

در آزمایشگاه، نمونه‌ها با آب مقطر شستشو شدند. پس از گذشت زمان و خروج آب اضافه، جداسازی عضله از اسکلت لابستر صخره‌ای با تیغه استیل استریلیزه و جداسازی بافت نرم جلبک قهوه‌ای سارگاسوم با چاقوی پلاستیکی شسته شده با اسید انجام شد. نمونه‌ها ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و بوسیله آسیاب پودر شدند (Ugolini *et al.*, 2004). نمونه‌های خشک شده به پنج قسمت تقسیم و از هر قسمت با ترازوی دیجیتال حساس ۳ گرم جدا و در کروسه قرار گرفت. سپس روی شعله گاز به مدت چند دقیقه حرارت داده شدند و پس از سرد شدن به تنور انتقال‌یافته و در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به خاکستر تبدیل شدند (Larsen, 2011). برای دستیابی به خاکستر سفید، چند قطره آب دو بار تقطیر در خاکستر ریخته شد و دوباره آن را در کوره یا تنور انتقال و خاکستر سفید بدست آمد . پس از بدست آوردن خاکستر سفید جهت آماده‌سازی نمونه‌ها از اسید نیتریک (HNO3) و اسیدکلریدریک (HCL) به میزان یک حجم اسید نیتریک برابر ۱۰cc و سه حجم اسیدکلریدریک ۳۰cc روی خاکستر سفید ریخته و به مدت ۳-۲ دقیقه روی هیتر قرار داده و جوشانده شد، سپس آن را به بالن ژوژه ۱۰۰cc منتقل کرده و حجم را توسط آب دو بار تقطیر به ۱۰۰cc رسانده شد. جهت کنترل بیشتر، یک نمونه شاهد نیز آماده کرده که برای تهیه آن ۱۰cc اسید نیتریک و ۳۰cc اسیدکلریدریک را درون بالن ژوژه ریخته و بدون نمونه به حجم ۱۰۰cc رسانده شد (Larsen, 2011). سنجش میزان تجمع فلزات با دستگاه جذب اتمی مدلFs240 ساخت شرکت Varian انجام شد (Larsen, 2011). جهت دقت و کنترل بیشتر برای هر نمونه سه بار مراحل فوق تکرار گردید. جیوه با سیستم هیدرید و مس، سرب و کادمیوم با سیستم کوره گرافیتی اندازه‌گیری شد. حد تشخیص و دقت دستگاه ppb ۰/۱ بود. غلظت نهائی فلزات برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (µg/g drywt) اعلام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کلموگراف- اسمیرنوف و مقایسه نمونه‌ها از نظر میانگین غلظت فلزات سنگین با آزمون‌های آماری One way-ANOWA و Paired-samples t-test انجام شد. جهت مقایسه اختلاف میانگین پارامترهای بدست‌آمده در سطح آماری ۹۵ درصد از پس‌آزمون Duncan test استفاده گردید. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

نتایج

جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*S. ilicifolium*)

بر اساس نتایج جدول ۲ اختلاف آماری معنی‌داری در میانگین غلظت فلزات سنگین قبل و بعد از مانسون مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$). بر اساس نتایج جدول ۳ میانگین غلظت سرب در ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم و خلیج چابهار فاقد اختلاف معنی‌دار بود ($p>۰/۰۵$). اما در بندر گواتر بعد از مانسون غلظت سرب در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها به شکل معنی‌داری در سطحی بالاتر قرار داشت ($p<۰/۰۵$). غلظت مس در ایستگاه‌های بندر جاسک و خلیج گواتر قبل و بعد از مانسون فاقد اختلاف معنی‌دار بود ($p>۰/۰۵$). اما در ایستگاه‌های صیدگاه درک و بندر پزم بعد از مانسون افزایش معنی‌داری در غلظت مس مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). غلظت مس در خلیج چابهار بعد از مانسون کاهش معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). میانگین غلظت کادمیوم در ایستگاه بندر جاسک نیز قبل و بعد از مانسون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود ($p>۰/۰۵$)؛ اما در ایستگاه‌های صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر بعد از مانسون افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). غلظت جیوه در دو ایستگاه بندر پزم و خلیج چابهار بعد از مانسون افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). اما در ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک و خلیج گواتر اختلاف معنی‌داری در غلظت جیوه قبل و بعد از مانسون مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

جدول ۲: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم قبل و بعد از مانسون
Table 2: Campare of heavey metal concentration (ppm) in tissue *S. illicifolium* pre and post monsoon.

گروه	شرایط	تعداد	±SD	df	p	t
سرب	قبل از مانسون	۵۰	۰/۱۰±۰/۰۶	۴۹	۰/۰۵	۱/۹۹
	بعد از مانسون	۵۰	۰/۰۹±۰/۰۵			
مس	قبل از مانسون	۵۰	۰/۹۰±۰/۳۶	۴۹	۰/۵۲	-۰/۶۴
	بعد از مانسون	۵۰	۰/۹۴±۰/۳۲			
کادمیوم	قبل از مانسون	۵۰	۰/۰۹±۰/۰۴	۴۹	۰/۵۹	-۰/۵۳
	بعد از مانسون	۵۰	۰/۱۰±۰/۱۲			
جیوه	قبل از مانسون	۵۰	۰/۰۹±۰/۰۳	۴۹	۰/۷۵	-۰/۳۱
	بعد از مانسون	۵۰	۰/۱۰±۰/۱۰			

جدول ۳: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم بین ایستگاه‌های مختلف
Table 3:compare of heavey metal concentration (ppm) in tissue *S. illicifolium* between different stations.

ایستگاه / فلز	سرب	مس	کادمیوم	جیوه
قبل از مانسون				
بندر جاسک	۰/۱۹±۰/۰۲^{a}	۱/۱۵±۰/۳۴^{a}	۰/۱۴±۰/۰۷^{a}	۰/۱۳±۰/۰۵^{a}
صیدگاه درک	۰/۰۳±۰/۰۱^{d}	۰/۶۱±۰/۲۳^{c}	۰/۰۵±۰/۰۱^{c}	۰/۰۷±۰/۰۱^{b}
بندر پزم	۰/۰۸±۰/۰۲^{c}	۰/۷۵±۰/۳۲^{c}	۰/۰۷±۰/۰۲^{bc}	۰/۰۸±۰/۰۲^{b}
خلیج چابهار	۰/۱۵±۰/۰۳^{b}	۱/۱۲±۰/۴۳^{ab}	۰/۱۰±۰/۰۳^{b}	۰/۰۹±۰/۰۱^{b}
بندر گواتر	۰/۰۵±۰/۰۱^{d}	۰/۸۵±۰/۱۵^{bc}	۰/۰۷±۰/۰۲^{bc}	۰/۰۷±۰/۰۱^{b}
بعد از مانسون				
بندر جاسک	۰/۱۶±۰/۰۲^{a}	۱/۲۱±۰/۴۰^{a}	۰/۱۱±۰/۰۲^{a}	۰/۱۷±۰/۲۲^{a}
صیدگاه درک	۰/۰۲±۰/۰۱^{d}	۰/۷۶±۰/۱۷^{b}	۰/۰۶±۰/۰۱^{a}	۰/۰۷±۰/۰۲^{b}
بندر پزم	۰/۰۷±۰/۰۱^{c}	۰/۸۲±۰/۱۵^{b}	۰/۰۸±۰/۰۱^{a}	۰/۰۹±۰/۰۱^{ab}
خلیج چابهار	۰/۱۴±۰/۰۳^{b}	۰/۸۷±۰/۴۱^{b}	۰/۱۷±۰/۲۶^{a}	۰/۰۹±۰/۰۱^{ab}
بندر گواتر	۰/۰۶±۰/۰۱^{c}	۱/۰۴±۰/۱۶^{ab}	۰/۰۶±۰/۰۲^{a}	۰/۰۶±۰/۰۱^{b}

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

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

لابستر صخره‌ای (*P. homarus*)

بر اساس نتایج جدول ۴ اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضله لابستر صخره‌ای قبل و بعد از مانسون مشاهده شد (p<۰/۰۵). میانگین غلظت کادمیوم بعد از مانسون به شکل معنی‌داری افزایش نشان داد (p=۰/۰۰). مقایسه میانگین غلظت فلزات قبل و بعد از مانسون در بافت عضله لابستر صخره‌ای (جدول ۵) نشان داد که میانگین غلظت سرب در ایستگاه‌های بندر جاسک و خلیج چابهار فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (p>۰/۰۵). اما در ایستگاه صیدگاه درک بعد از مانسون افزایش معنی‌دار و در ایستگاه‌های بندر پزم و بندر گواتر کاهش معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). غلظت مس نیز در ایستگاه بندر جاسک قبل و بعد از مانسون اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). اما در ایستگاه‌های صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر غلظت مس بعد از مانسون به شکل معنی‌داری بالاتر بود (p<۰/۰۵). غلظت کادمیوم در ایستگاه‌های بندر جاسک و صیدگاه درک بعد از مانسون کاهش معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵)؛ اما در ایستگاه‌های بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر فاقد هر گونه اختلاف آماری معنی‌داری بود (p>۰/۰۵). غلظت جیوه در ایستگاه بندر جاسک قبل و بعد از مانسون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود(p>۰/۰۵). اما در سایر ایستگاه‌ها غلظت آن بعد از مانسون کاهش معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵).

جدول ۴: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت لابستر صخره‌ای قبل و بعد از مانسون

Table 4: Campare of heavey metal concentration (ppm) in tissue *P. homaros* pre and post monsoon.

گروه	شرایط	تعداد	±SD	df	p	t
سرب	قبل از مانسون	۵۰	۰/۴۲±۰/۰۹	۴۹	۰/۲۵	۱/۱۴
	بعد از مانسون	۵۰	۰/۳۹±۰/۰۸			
مس	قبل از مانسون	۵۰	۱۳/۱۱±۱/۹۲	۴۹	۰/۲۹	-۱/۰۵
	بعد از مانسون	۵۰	۱۳/۴۴±۱/۷۹			
کادمیوم	قبل از مانسون	۵۰	۰/۱۸±۰/۱۰	۴۹	۰/۰۰	-۴/۰۹
	بعد از مانسون	۵۰	۰/۲۷±۰/۱۳			
جیوه	قبل از مانسون	۵۰	۰/۱۴±۰/۰۷	۴۹	۰/۴۹	۰/۶۸
	بعد از مانسون	۵۰	۰/۱۴±۰/۰۶			

جدول ۵: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (ppm) در بافت لابستر صخره‌ای بین ایستگاه‌های مختلف

Table 5: compare of heavey metal concentration (ppm) in tissue *P. homaros* between different stations.

فلز / ایستگاه	سرب	مس	کادمیوم	جیوه
قبل از مانسون				
بندر جاسک	۰/۷۱±۰/۱۲^{a}	۱۴/۱۰±۲/۳۰^{a}	۰/۲۴±۰/۱۱^{a}	۰/۲۰±۰/۰۴^{a}
صیدگاه درک	۰/۱۶±۰/۰۶^{c}	۱۲/۰۳±۲/۱۳^{b}	۰/۱۱±۰/۰۳^{b}	۰/۰۸±۰/۰۰۸^{b}
بندر پزم	۰/۴۴±۰/۱۸^{b}	۱۲/۸۶±۱/۳۲^{ab}	۰/۲۱±۰/۰۸^{a}	۰/۱۷±۰/۰۷^{a}
خلیج چابهار	۰/۵۵±۰/۲۶^{b}	۱۳/۱۲±۱/۶۴^{ab}	۰/۲۴±۰/۰۹^{a}	۰/۱۹±۰/۰۵^{a}
بندر گواتر	۰/۲۳±۰/۰۹^{c}	۱۳/۴۳±۱/۷۹^{ab}	۰/۱۱±۰/۰۸^{b}	۰/۰۸±۰/۰۱^{b}
بعد از مانسون				
بندر جاسک	۰/۷۴±۰/۱۲^{a}	۱۴/۳۳±۱/۸۸^{a}	۰/۲۱±۰/۰۸^{b}	۰/۲۰±۰/۰۴^{a}
صیدگاه درک	۰/۱۸±۰/۰۵^{d}	۱۲/۷۲±۲/۵۰^{a}	۰/۱۲±۰/۰۵^{c}	۰/۰۹±۰/۰۱^{c}
بندر پزم	۰/۳۶±۰/۱۰^{c}	۱۳/۲۵±۱/۴۷^{a}	۰/۳۹±۰/۰۸^{a}	۰/۱۶±۰/۰۴^{b}
خلیج چابهار	۰/۴۶±۰/۰۹^{b}	۱۴/۳۳±۱/۸۸^{a}	۰/۴۱±۰/۰۹^{a}	۰/۱۶±۰/۰۶^{b}
بندر گواتر	۰/۲۰±۰/۱۲^{d}	۱۳/۴۸±۱/۱۷^{a}	۰/۲۰±۰/۰۸^{b}	۰/۰۸±۰/۰۱^{c}

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

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

مقایسه این نتایج با حد آستانه استانداردهای بین‌المللی ارائه شده از سوی سازمان بهداشت جهانی(WHO, 1995)، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA, 2011)، راهنمای انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC) و سازمان استاندارد ملی ایران نشان داد که غلظت هر چهار فلز سنگین در بافت نرم جلبک قهوه‌ای کمتر از حد مجاز استانداردهای ارائه شده می‌باشد. میانگین غلظت سرب نیز در بافت عضله لابستر از تمام استانداردهای گزارش‌شده کمتر بود. اما غلظت مس، کادمیوم و جیوه بالاتر از حد مجاز استانداردها اندازه‌گیری شد (جدول ۶).

جدول۶: مقایسه غلظت فلزات سنگین با حدود استانداردهای جهانی (ppm) قبل و بعد از مانسون

Table 6: Compare heavey metal concentration with international standards (ppm) per and post monsoon.

استانداردها	غلظت فلزات سنگین				منابع
	سرب	مس	کادمیوم	جیوه	
WHO	۰/۵۰	۱۰	۰/۲۰	۰/۱۰	WHO, (1995)
FDA	۵	-	۱	۰/۱۰-۰/۵۰	FDA, (2011)
NHMRC	۱/۵	۱۰	۰/۰۵	۱	Darmono and Denton (1990)
استاندارد ملی ایران	۱	۲۰	۰/۱۰	۵۰۰*	موحد و همکاران (۱۳۹۲)
Sargassum ilicifolium	۰/۱۰	۰/۹۰	۰/۰۹	۰/۰۹	قبل از فصل مانسون (مطالعه حاضر)
	۰/۰۹	۰/۹۴	۰/۱۰	۰/۱۰	بعد از فصل مانسون (مطالعه حاضر)
Panulirus homarus	۰/۴۲	۱۳/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۴	قبل از فصل مانسون (مطالعه حاضر)
	۰/۳۹	۱۳/۴۴	۰/۲۷	۰/۱۴	بعد از فصل مانسون (مطالعه حاضر)

* میکروگرم در کیلوگرم

بحث

به طور کلی، سیستم‌های آبی بخصوص دریاها اغلب به عنوان مخازن آلاینده‌های شیمیایی محسوب می‌شوند. عمده‌ترین منابع انسانی آلوده‌کننده آب دریاها و اقیانوس‌ها، صنایع نفت، پتروشیمی، حمل‌ونقل دریایی، کشاورزی، آبزی‌پروری (Karadede *et al.*, 2004; Ozmene *et al.*, 2004)، منابع شهری، معدنکاری، تخریب سواحل و لایروبی است (Di Giulio and Hinton, 2008). این منابع می‌توانند منشأ ورود آلودگی‌های مختلفی مانند عناصر پرتوزا، ترکیبات آلی، ترکیبات آلی- فلزی، فلزات سنگین و گرما به دریا باشند. فلزات سنگین به دلیل دارا بودن برخی خواص ویژه مانند ایجاد مسمومیت، پایداری، قابلیت انتقال و انباشت زیستی (Zauke *et al.*, 1999; Rashed, 2001; Pourang *et al.*, 2005) ، از جمله خطرناک‌ترین و تهدیدآمیزترین گروه‌های آلاینده شناخته می‌شوند. فلزات سنگینی نظیر سرب، کادمیوم و جیوه جزء آلاینده‌های زیست‌محیطی شناخته‌شده‌اند، زیرا دارای اثرات سمی، جهش‌زا و سرطان‌زا در بدن موجودات زنده هستند (Ozden, 2010؛ Belitz *et al.*, 2001). مس نیز از جمله فلزات ضروری برای همه ارگانیسم‌ها آبزی شناخته می‌شود. این فلز نقش بسیار مهمی در متابولیسم دارد. اما در غلظت‌های بالا به عنوان یکی از فلزات سمی برای آبزیان شناخته می‌شود و اثرات متنوعی بر پارامترهای خونی، رشد، رفتار، فعالیت‌های آنزیمی و تولیدمثلی دارد (Roesijadi, 1994؛Sorensen, 1991). پایش این فلزات مسئله مهمی برای متخصصان علوم تغذیه، پزشکی و محیط‌زیست است (Ozden, 2010).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان تجمع مس در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم و لابستر صخره‌ای بالاتر از سایر فلزات بود. بالاتر بودن غلظت مس در مقایسه با سایر فلزات از یک‌سو می‌تواند ناشی از بالا بودن نسبی این فلز در محیط و بویژه رسوبات باشد و از سوی دیگر، مؤید این نکته باشد که میزان دسترسی زیستی این فلز در مقایسه با

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

سایر فلزات بررسی‌شده به دلایل مختلف ازجمله فعالیتهای باکتریایی یا حجم بالاتر ورودی به محیط بیشتر است (Turoczy *et al.*,2001). حضور مس در غلظت‌های بالا خطرات زیادی برای موجودات دریایی مانند سخت‌پوستان، فیتو و زئوپلانکتون‌ها، جلبک‌ها و موجودات ریزه‌خوار در پی خواهد داشت (Dadolahi-Sohrab *et al.*, 2011). فاضلاب‌های صنعتی حاصل از تولیدات گسترده مواد نفتی، ترافیک بالای حمل و نقل و تجهیزات بارگیری و انتقال در سواحل می‌توانند به عنوان منابع آلوده‌کننده مس در نظر گرفته شود. فاضلاب‌های مراکز صنعتی و کشاورزی نیز ممکن است پس از ورود به دریا و حضور قایق‌های رنگ‌آمیزی شده با پوشش ضد خوردگی حاوی مس به‌عنوان یکی دیگر از منابع آلودگی به مس باشد (Dadolahi-Sohrab *et al.*, 2011). الگوی بدست آمده از بررسی تغییر فلزات نشان می‌دهد دوکفه‌ای‌ها و سخت‌پوستان احتمالاً فلز مس جذب‌شده را در بافت نرم خود ذخیره می‌کنند (Han and Hung, 1990). این موضوع می‌تواند دلیل احتمالی بالاتر بودن غلظت مس در بافت لابستر صخره‌ای در مقایسه با سایر فلزات باشد. همچنین مس موجود در خون این آبزیان را در بالاتر بودن مس در بافت سخت‌پوستان نمی‌توان ازنظر دور داشت. تغییرات فصلی و تغییر میزان غلظت فلزات در سخت‌پوستان و دوکفه‌ای‌ها با میزان تولید اولیه پلانکتونی نیز مرتبط است (Bryan, 1971). با افزایش تولید پلانکتونی ، افزایش تغذیه در این موجودات و به دنبال آن افزایش میزان غلظت فلزات در بدن این جانوران مشاهده می‌شود (Oliver *et al.*, 2002).

با توجه به اینکه کادمیوم آلوده‌کننده‌ای است که منشأ انسانی دارد، در حوزه‌های ساحلی که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارند مشاهده غلظت‌های بالاتر از حد معمول کادمیوم دور از انتظار نخواهد بود (Sadiqe, 1992). وجود صنایع آلوده‌کننده در طول خطوط سواحل شمالی دریای عمان مانند کارخانه تولید روی، مس، آلومینیوم و صنایع فلزی و تولید مواد معدنی می‌توانند منابع قابل‌ملاحظه‌ای از تخلیه کادمیوم در سرتاسر سواحل بندر عمان باشند. بنظر می‌رسد کادمیوم می‌تواند از صنایع مختلف کانونی وارد آب دریا شود و در رسوبات نشست نماید. در مجموع، نتایج اندازه‌گیری میزان تجمع کادمیوم در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم و لابستر صخره‌ای از حداکثر غلظت مجاز این فلز برای آبزیان (۱/۵ میکروگرم بر لیتر) پایین‌تر بود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). همسو با این نتایج، رنجبر (۱۳۸۹) میانگین غلظت سرب و کادمیوم را در بافت خرچنگ‌های غالب سواحل صخره‌ای جزیره قشم بترتیب ۵ و ۳/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش داد. دادور و همکاران (۱۳۹۲) نیز میانگین غلظت جیوه، سرب و کادمیوم را در بافت خرچنگ روح (*Ocypode saratan*) در سواحل جزر و مدی چابهار را بترتیب معادل ۰/۱۴±۰/۹۱، ۰/۰۵±۰/۲۵ و ۰/۰۳±۰/۰۷ ppm گزارش دادند که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر مقدار جیوه در سطحی بالاتر و مقدار کادمیوم و سرب در سطوح پایین‌تری قرار داشت. اندازه‌گیری سرب و مس در بافت عضله میگوی سفید سر تیز (*Metapenaeus affinis*) اختلاف معنی‌داری در سه منطقه قشم، بندر خمیر و بندر لافت بین دو فصل تابستان و زمستان نشان داد (کوسج و همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعه چاکری و همکاران (۱۳۹۴) نیز اختلاف معنی‌داری در میزان غلظت سرب و کادمیوم بین فصول تابستان و زمستان در بافت عضله ماهی طلال (*Rastrelliger kanagurta*) مشاهده شد.

در مجموع، بر اساس نتایج مطالعه حاضر بررسی غلظت چهار فلز سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت نرم دو گونه از آبزیان بومی مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریای عمان در بازه زمانی قبل و بعد از بروز پدیده مانسون بالاترین غلظت این فلزات در دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار ثبت شد که به عنوان آلوده‌ترین ایستگاه‌ها معرفی می‌گردند. عامل اصلی آلودگی به سرب و مس در این مناطق با توجه به رفت و آمد همه‌روزه کشتی‌ها و لنج ها به این مناطق جهت تعمیرات و رنگ‌آمیزی و ورود آلاینده‌های نفتی به عنوان عامل اصلی آلودگی به کادمیوم با توجه به اینکه این فلز آلاینده حاصل سوخت وسایل نقلیه بنزین سوز نیز محسوب می‌شود و یکی از عوامل تأثیرگذار در ارتباط با افزایش غلظت این فلز

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

را می‌توان تردد قایق‌ها و شناورهای متعدد در این منطقه دانست.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست. انتشارات نقش مهر، ۷۶۷ صفحه.

چاکری، م.، سجادی، م.م.، کامرانی، ا. و آقاجاری، ن.، ۱۳۹۴. تعیین میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافتهای عضله و کبد ماهی طلال (*Rastrelliger kanagurta*) در آبهای خلیج‌فارس. مجله علمی شیلات، ۲۴(۲): ۱۲۵-۱۱۵.

دادور، ا.، شاپوری، م. و سینایی، م.، ۱۳۹۲. بررسی آلودگی فلزات سنگین در بافت‌های ماهیچه و آبشش خرچنگ روح (*Ocypode saratan*) در سواحل جزر و مدی چابهار. مجله زیست‌شناسی دریا، ۵(۱۹): ۵۶-۴۵.

رنجبر، س.، ۱۳۸۹. بررسی و مقایسه تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در پوست و عضلات در خرچنگ غالب سواحل صخره‌ای جزیره قشم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

کوسج، ن.، جعفریان، ح.ا.، رحمانی، ع.ا.، پاتیمار، ع.ا. و قلی‌پور، ح.، ۱۳۹۶. مطالعه و اندازه‌گیری برخی عناصر فلزی (سرب، نیکل، روی، مس و آهن) در بافت عضله میگوی سفید سر تیز (*Metapenaeus affinis*). مجله علمی شیلات، ۲۶(۱): ۱۹۰-۱۷۹.

موحد، ع.، دهقان، ع.و.، حاجی حسینی، ر.، اکبرزاده، ص.، زنده بودی، ع.ع.، نفیسی بهابادی، م.، محمدی، م.م.، حاجیان، ن.، پاکدل، ن.، حفظ الله، ع. و ایران پور، د.، ۱۳۹۲. بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت خوراکی میگوهای نمونه‌برداری شده از آب‌های سواحل استان بوشهر. فصلنامه طب جنوب، ۱۶(۲): ۱۰۹-۱۰۰.

Delman, O., Demirak, A. and Balci, A., 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 26: 157-162. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.009.

Di Giulio, R.T. and Hinton, D.E., 2008. The toxicology of fishes, Crc Press, 1071 pp.

FDA, 2011. Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. Department of health and human service public health food and drug administration center for food safety and applied nutrition of food safety. Fourth Edition, 476p.

Garcia, E.M., Cruz-Motta, J.J., Farina, O. and Bastidas, C., 2008. Anthropogenic influences on heavy metals across marine habitats in the western coast of Venezuela. *Continental Shelf Research*, 28: 2757-2766. DOI: 10.1016/j.csr.2008.09.020.

Garrett, R.G., 2000. Natural source of metals of the environment. *Human and Ecological Risk Assessment*, 6: 945-963. DOI: 10.1080/10807030091124383.

Gibson, R.S., 1994. Content and bioavailability of trace elements in vegetarian diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59: 1223-1232. DOI: 10.1093/ajcn/59.5.1223S.

Guerzoni, S., Frignani, M., Giordani, P. and Frasari, F., 1984. Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea area, Italy. *Environmental Geology and Water Sciences*, 6 (2): 111-119. DOI: 10.1007/BF02509917.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

Han, B.C., and Hung, T.C., 1990. Green oysters caused by copper pollution on the Taiwan coast. *Environmental Pollution*, 65: 347-362. DOI: 10.1016/0269-7491 (90)90126-W.

Karadede, H., Oymak, S.A. and Unlu, E., 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environmental International*, 30: 183-188. DOI: 10.1016/S0160-4120(03)00169-7.

Karthikeyan, R., Vijayalakshmi, S. and Balasubramanian, T., 2007. Monthly variations of heavy metals and metal resistant bacteria from the Uppanar estuary (Southeast coast of India). *Research Journal of Microbiology*, 2: 50-57. DOI: 10.3923/jm.2007.50.57.

Komarnicki G.J.K., 2005. Lead and cadmium in indoor air and the urban environment. *Environmental Pollution*, 136: 47-61. DOI: 10.1016/j.envpol.2004.12.006.

Larsen, R., Eilertsen, K.E. and Elvevol, E.O., 2011. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*, 29: 508-18. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2011.05.017.

Michael, H.C., 2010. Heavy metal. In Encyclopedia of Earth. Edited by Monosson Cleveland C. Washington DC: National Council for Science and the Environment.

Nee, S. and May, R.M., 1992. Dynamics of meta-populations: habitat destruction and competitive coexistence. *Journal of Animal Ecology*, 61(1): 37-40. DOI: 10.2307/5506.

Oliver, F., Ridd, M. and Klumpp, D., 2002. The use of transplanted cultured tropical oysters (*Saccostrea commercialis*) to monitor Cd levels in North Queensland Coastal waters (Australia). *Marine Pollution Bulletin*, 44(10): 1051-1062. DOI: 10.1016/S0025-326X (02)00157-1.

Ozden, O., 2010. Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (*Parapenaus longirostris*) from Marmara Sea. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 162: 191-199. DOI: 10.1007/s10661-009-0787-y.

Ozmen, H., KülahcI, F., ÇukurovalI, A. and Dogru, M., 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (ElazIg, Turkey). *Chemosphere*, 55(3): 401-408. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2003.11.003.

Pourang, N., Nikouyan, A. and Dennis, J.H., 2005. Trace Element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 109: 293-316. DOI: 10.1007/s10661-005-6287-9.

Rashed, M.N., 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nassar Lake. *Environmtal International*, 27: 27-33. DOI: 10.1016/S0160-4120 (01)00050-2.

Roesijadi, G., 1994. Behaviour of metallothioneinbound metals in a natunal population of an estuarine mollusc. *Marine Environmental Research*, 38(3): 147-168. DOI: 10.1016/0141-1136(94)90005-1.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

Sadiqe, M., 1992. Toxic metal chemistry in marine environment. Enviriment in Ternational, 389P.

Sorensen, E.M.B., 1991. Editor. Metal Poisoning in Fish. 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 347P.

Turoczy, N., Bradly, D., Andrew, H. and Vijaya, S., 2001. Cadmium, copper, mercury, and zinc concentrations in tissues of the King Crab (*Pseudocarcinus gigas*) from southeast Australian waters. *Environment International*, 27(4): 327-334. DOI: 10.1016/S0160-4120 (01)00064-2.

Ugolini, A., Borghini, F., Calosi, P., Bazzicalupo, M., Chelazzi G. and Focardi S., 2004. Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 526-532. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.10.002.

WHO, 1995. Health risks from Marin pollution in the Mediterranean, Part 1 Implications for policy makers. World Health Organization, Geneva.

Zauke, G.P., Savinov, V.M., Ritterhoff, J. and Savinova, T., 1999. Heavy metals in fish from the Barents Sea (summer 1994). *The Science of the Total Environment*, 227(2-3): 161-173. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00014-5.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

Determination of heavy metals of Lead, Copper, Cadmium and Mercury concentration in the soft tissues of brown algae (*Sargassum ilicifolium*) and spiny lobster (*Panulirus homarus*) in per and post monsoon

Mahdi Abkenar A.[1*]; Yahyavi M.[2]; Bahri A.H. [2]; Bivareh M.R.[3]

[*]aliabkenar@gamil.com

1-Department of Fisheries Group, Chabahar Branch, Islamic Azad University, Chabahar, Iran
2- Department of Fisheries Group, Bandarabbas Branch, Islamic Azad University, Bandarabbas, Iran
3-Department of Fisheries and Forestry, Faculty of natural resource, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.3.8.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119061]

Abstract

The aim of this study was to evaluate the accumulation of Lead, Copper, Cadmium and Mercury in the soft tissues of brown algae (*Sargassum ilicifolium*) and muscle of spiny lobster (*Panulirus homarus*) in a five different stations along the northern coasts of the Oman Sea during pre and post monsoon seasons. A number of 50 specimens of each sample were collected from stations of Jask port, Darak port, Pozm port, Chabahar Golf and Goatre port during spring and autumn 2016. Heavy metals were extracted from the muscle tissues using a wet digestion method. Concentration of metals was measured by Atomic Absorption Spectrophotometer. The results showed a significant difference in the accumulation of heavy metals in the tissues of both species during pre and post condition the monsoon between different stations ($p<0.05$). Comparisons of heavy metal accumulation in the pre and post-monsoon showed a significant difference only in the cadmium accumulation in the muscle of Spiny lobsters ($p<0.05$). The accumulation of Cadmium in the post-monsoon was lower than the pre-monsoon condition ($p<0.05$). By comparison between the results obtained from this study to the international standards defined by WHO, FDA, NHMRC and the National Iranian Standards Organization, it was cleared that the concentrations of heavy metals in brown algae soft muscle were lower than permitted levels and so not risky for health. Also, the Concentration of lead in the soft muscle of Spiny lobster is lower than allowable limits. But, the concentration of copper, cadmium and mercury in the muscle of Spiny lobster was much higher than permitted levels. In conclusion, the results of this study could show inappropriate environmental conditions of the northern coasts of the Oman Sea.

Keywords: Monsoon, Oman Sea, Heavy metals, Algae, Lobster

[*]Corresponding author