

تجمع زیستی آرسنیک در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در سواحل خلیج فارس (منطقه عسلویه)

فروزان فاطمی^{۱*}

شهرزاد خرم نژادیان^۲

مهردی شمسایی مهرجان^۳

۱ و ۲. گروه محیط‌زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

۳. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات

fatemi.forouzan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲۳

کد مقاله: ۱۳۹۴۰۱۰۱۷۵

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

چکیده

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های هستند که می‌توانند در بافت‌های جانداران تجمع کنند و صدمات جبران‌نایپذیری بر سلامت آن‌ها بر جای گذارند. این مطالعه به‌منظور بررسی غلظت آرسنیک در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) موجود در سواحل خلیج فارس منطقه عسلویه واقع در استان بوشهر به‌عنوان شاخص پایش زیستی فلزات سنگین انجام شد. بدین منظور پس از شناسایی منابع آلوده‌کننده منطقه مورد‌نظر، نمونه برداری از چهار ایستگاه در منطقه عسلویه در سه ماه فصل زمستان ۱۳۹۲، به‌منظور بررسی میزان جذب آرسنیک در خرچنگ آبی طی ماه‌های یک‌فصل صورت گرفت. غلظت آرسنیک توسط دستگاه جذب ایستگاه در منطقه نتایج شان داد که میانگین غلظت آرسنیک طی ماه‌های دی، بهمن و اسفند در بافت نرم خرچنگ آبی به ترتیب 0.09 ± 0.09 ، 0.11 ± 0.09 و 0.15 ± 0.09 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد بین ایستگاه‌ها و ماه‌ها وجود داشت ($P < 0.05$). کمترین غلظت مربوط به ایستگاه سوم (0.10 ± 0.05) و بیشترین غلظت مربوط به ایستگاه اول (0.10 ± 0.05) بود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت آرسنیک در همه ایستگاه‌ها و ماه‌های مورد مطالعه، پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای موجود در این زمینه می‌باشد.

واژگان کلیدی: آرسنیک، تجمع زیستی، عسلویه، خلیج فارس، *Portunus pelagicus*.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، آلودگی آب‌های دریایی با طیف گسترده‌ای از آلاینده‌های زیست محیطی به یکی از اساسی‌ترین مشکلات جهان تبدیل شده است. اکوسیستم‌های آبی به‌طور گسترده‌ای در معرض آلودگی فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های صنعتی و انسانی قرار دارند (Kamaruzzaman *et al.*, 2011). خلیج فارس یکی از بزرگ‌ترین خلیج‌های جهان به شمار می‌آید که به‌عنوان زیستگاه بسیاری از موجودات آبزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فعالیت‌های صنایع مستقر در سواحل خلیج فارس طی سال‌های اخیر یکی از مهم‌ترین عوامل ورود آلاینده‌های فلزی به آب‌های این منطقه می‌باشد (حسینی و عبدالسطامی، ۱۳۹۱). فعالیت‌های دیگری

از جمله کشاورزی، کشتیرانی و آلودگی‌های ناشی از پسماندهای شهری نیز از عمدۀ ترین منابع آلوده‌کننده آب‌های این خلیج می‌باشدند که سبب نابودی جمعیت بسیاری از آبیان ساکن در آن که اکثراً از گونه‌های تجاری می‌باشند شده است (عربان و همکاران، ۱۳۸۹). فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های زیستمحیطی پایدار هستند که قادر به تجزیه شدن در طبیعت نمی‌باشند و از این‌رو تمایل به تجمع و انباشت زیستی در رسوبات و جانداران آبزی دارند (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱؛ Saei-Dehkordi *et al.*, 2010؛ David *et al.*, 2012). این فلزات می‌توانند وارد سطوح مختلف زنجیره غذایی شده و از این طریق به بدن انسان راه یابند و اثرات جدی بر سلامت آن‌ها ایجاد کنند. لذا بررسی این آلاینده‌ها در موجودات زنده از اهمیت بسزایی برخوردار است (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱).

آرسنیک یکی از فلزات سنگین می‌باشد که علی‌رغم اینکه در طبیعت بهدرت به شکل خالص یافت می‌شود، به‌طور گسترده‌ای در پوسته زمین وجود دارد. این فلز به‌طور طبیعی به صورت ترکیب با سولفید و یا ترکیب با فلزاتی مانند آهن، نیکل و کبالت یافت می‌شود (ابراهیم‌زاده، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه آرسنیک از طریق منابع طبیعی مانند خاک، باد و آتش‌نشان‌ها در محیط‌زیست منتشر می‌شود (Ventura-Lima *et al.*, 2009؛ Tao, 2014) اما انتشار آن از طریق منابع انسانی بیش از منابع طبیعی می‌باشد. از جمله منابع انسانی تولید‌کننده آرسنیک می‌توان به استفاده از آفت‌کش‌ها، احتراق زغال‌سنگ، احتراق چوب و زباله سوزی اشاره کرد. اکثر مواد منتشرشده آرسنیک دار ناشی از فعالیت‌های انسانی که اغلب به صورت آفت‌کش‌ها و یا مواد زائد جامد می‌باشند، به زمین وارد می‌شوند. با این حال، مقادیر قابل توجهی نیز از طریق فعالیت‌هایی مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی و یا پساب‌های صنعتی به هوا و آب منتشر می‌شود (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007). مهم‌ترین راه مواجهه غیر شغلی افراد جامعه با آرسنیک، آب آشامیدنی و غذاها می‌باشد. غذاهای دریایی از جمله ماهی‌ها و خرچنگ‌ها دارای بیشترین مقدار آرسنیک کل می‌باشند که از طریق رژیم غذایی به بدن انسان وارد می‌شوند. همچنین حبوبات و غلات بیشترین مقدار آرسنیک غیر آبی را دارند که بسیار سمی‌تر از آرسنیک آبی می‌باشد (Tao, ۲۰۱۴). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده است که قرار گرفتن در معرض آرسنیک باعث افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه‌ها، کلیه‌ها، کبد و پوست و دیگر بیماری‌های مزمن که موجب به وجود آمدن اثرات قلبی و عروقی، عصبی و عوارض دیابتی هستند، می‌شود.

آرسنیک را می‌توان خطری جدی برای موجودات دریایی نیز به شمار آورد (Azizur Rahman *et al.*, 2012). این فلز شیمی پیچیده‌ای در محیط‌زیست دریایی دارد و ترکیبات متفاوت بسیاری از هر دو گونه آبی و غیر آبی آن شناخته شده است (Zhang *et al.*, 2011). به دلیل این که آرسنیک یکی از ترکیبات موجود در پوسته زمین می‌باشد، این فلز به‌طور طبیعی در مقادیر کم در بافت‌های گونه‌های مختلف آبری تجمع می‌یابد (Ventura-Lima *et al.*, 2009). موجودات دریایی از طریق رژیم غذایی و یا از طریق تماس با منابع دیگری مانند آب و رسوبات ترکیبات فلزی از جمله آرسنیک را درون بدن‌شان تجمع و تبدیل می‌کنند (صلاحی نزد و همکاران، ۱۳۹۳). جانداران آبی اغلب آرسنیک غیر آبی را در خود انباشته می‌کنند و ارگانیسم‌های دیگری از جمله فیتوپلانگتون‌ها و باکتری‌ها آن را به ترکیبات آبی آرسنیک مانند آرسنوبتاکین تبدیل می‌کنند (Azizur Rahman *et al.*, 2012). مطالعاتی نیز نشان داده است که میزان جذب آرسنیک در موجودات زنده با تغییر در عوامل محیطی از جمله دما و شوری تغییر می‌کند (Eisler, ۱۹۸۸). با توجه به خطرات ناشی از فلزات سنگین برای موجودات آبزی و انسان‌ها، سطوح این فلزات باید به‌طور پیوسته بررسی و اندازه‌گیری شود و بدین‌وسیله از افزایش و تراکم آن‌ها در زنجیره‌های غذایی جلوگیری به عمل آید (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱).

موجودات کف‌زی به دلیل اینکه از یک‌سو به‌طور مستقیم در تماس با رسوبات کف دریا که محل انباشت نهایی فلزات سنگین است، می‌باشند و از سوی دیگر در رژیم غذایی انسان مورداستفاده قرار می‌گیرند نقش مهمی را در انتقال آلاینده‌های فلزی از اکوسیستم دریا به انسان ایفا می‌نمایند (McMurtrie, 2010). خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) یکی از گونه‌های تجاری در جهان و با پراکندگی گسترده در منطقه خلیج فارس می‌باشد (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱؛ Kamrani *et al.*, 2010). این گونه اغلب درخورها و زیستگاه‌های شنی و گلی، آب‌های ساحلی و منطقه بین جزر و مدى تا عمق ۵۰ متر و همچنین به صورت مخفی شده در رسوبات یافت می‌شود (Kamrani *et al.*, 2010). خرچنگ شناگر آبی یکی از ذخایر مهم شیلاتی نیز محسوب می‌شود و دارای مصارف مختلفی از جمله مصارف خوارکی می‌باشد و منبع غنی استخراج ترکیبات کیتین و کیتوسان است که در صنایع غذایی، تصفیه فاضلاب، داروسازی و بخش‌های نانوتکنولوژی کاربرد فراوانی دارد (دریالعل و همکاران، ۱۳۹۰).

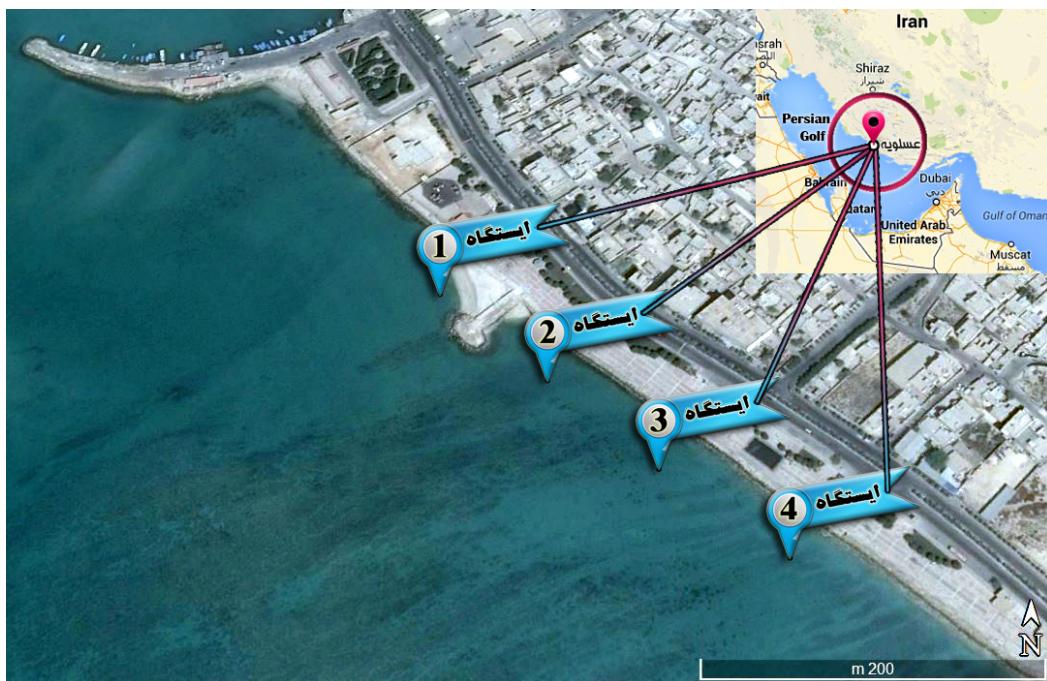
مطالعات متعددی در مناطق مختلف در رابطه با تجمع فلزات سنگین در سخت پوستان انجام شده است. تحقیقی درزمینه تجمع فلزات سنگین

سرب و کروم در خرچنگ شناگر آبی در منطقه بندرعباس، طی دو فصل تابستان و زمستان انجام شده است (دریالعل و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین مطالعه دیگری در این زمینه توسط حسینی و عبدالی بسطامی (۱۳۹۱) بر غلظت فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم، مس، سرب) در خلیج فارس صورت گرفته است. غلظت آرسنیک و چندین فلز سنگین دیگر در بافت ماهیچه نوعی سخت پوست، میگو *Fenneropenaeus merguiensis* در *Ventura-*. (*Javaheri Baboli and Velayatzadeh, 2013*) سواحل خلیج فارس در منطقه بندرعباس در تحقیقی بررسی گردید (Mizan Arsenik et al., 2009) و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مطالعه‌ای مشابه بر خرچنگ آبی *Portunus pelagicus* موجود در خلیج فارس، میزان آرسنیک را در این موجود اندازه‌گیری کردند. *Ayas* (۲۰۱۳) به بررسی تأثیرات جنسیت و فصل‌ها بر میزان جذب فلزات سمی در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی *Cd, Cr*; (*Pinheiro and Mekarani, 2012*) تجمع زیستی شش فلز سنگین (*Rhizophora mangle*) را در خرچنگ‌های مانگرو قرمز (*Ucides cordatus* و گونه‌ای مانگرو قرمز (*Cu, Hg, Mn, Pb*) به عنوان منبع غذایی این نوع خرچنگ بررسی کردند.

با این حال در حالی که در عسلویه خرچنگ آبی به‌فور یافت می‌شود، مطالعات بسیار کمی در رابطه با تجمع فلزات در این نوع سخت پوست در منطقه یادشده وجود دارد. همچنین اکثر مطالعات در این زمینه به بررسی غلظت فلزات سنگین در سخت پوستان به صورت مقایسه چند فصل پرداخته‌اند و مطالعات اندکی در مورد وضعیت جذب این فلزات و بخصوص آرسنیک در سخت پوستان، در طول یک‌فصل انجام شده است. لذا در این مطالعه باهدف بررسی غلظت آرسنیک در خرچنگ‌های شناگر آبی جمع‌آوری شده از منطقه عسلویه به عنوان شاخص پایش زیستی آرسنیک، به مقایسه میزان جذب آرسنیک در ماه‌های مختلف فصل زمستان در چهار ایستگاه مختلف در سواحل این منطقه، پرداخته شد. همچنین با توجه به اینکه این گونه در منطقه موردمطالعه مصرف خوارکی دارد، نتایج حاصل شده با استانداردهای جهانی موجود در این زمینه مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه عسلویه در عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۴۹ دقیقه و ۹۶ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۶۲ دقیقه و ۱۹ ثانیه قرار دارد. به منظور تعیین غلظت فلز آرسنیک در خرچنگ شناگر آبی، نمونه‌ها از سواحل خلیج فارس در منطقه عسلویه جمع‌آوری گردیدند. به منظور تعیین ایستگاه‌های نمونه برداری، منابع آنلاینده منطقه عسلویه شناسایی شدند و نمونه برداری از چهار ایستگاه با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر، با توجه به موقعیت منطقه صورت گرفت. منطقه موردنظر برای نمونه برداری مابین جنگل‌های حرانا نایند و اسکله بندر عسلویه قرار داشت؛ به این ترتیب که ایستگاه اول نزدیک ترین ایستگاه به اسکله صیادی و منطقه صنعتی عسلویه بوده و ایستگاه چهارم دارای کمترین فاصله از جنگل‌های حرانا نایند نسبت به سایر ایستگاه‌ها بود. وفور خرچنگ‌های شناگر آبی در منطقه موردمطالعه نسبت به سایر مناطق و همچنین مجاورت این منطقه به ناحیه صنعتی عسلویه و اسکله‌های صیادی تمدنی دلایل انتخاب آن برای نمونه برداری می‌باشد. به این ترتیب می‌توان میزان آلودگی صنایع اطراف را بررسی نمود. با توجه به اینکه نمونه برداری در فصل زمستان انجام شده است و در این فصل خرچنگ‌های آبی غیرفعال بوده (Roy et al., 2012)، اکثر اوقات به صورت مدفون شده در گلولای و رسوبات بوده و جابجایی چندانی ندارند؛ همچنین با توجه به امکانات موجود، فاصله ایستگاه‌ها از یکدیگر ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS ثبت شد (جدول ۱) و بر روی نقشه منطقه علامت گذاری گردید (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی عسلویه (منطقه مورد مطالعه) و ایستگاه‌های نمونه برداری بر روی نقشه.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل خلیج فارس، منطقه عسلویه.

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۲۷° ۲۸' ۱۵/۷۰" N	۵۲° ۳۶' ۲۱/۶۵" E
۲	۲۷° ۲۸' ۱۳/۵۶" N	۵۲° ۳۶' ۲۴/۴۱" E
۳	۲۷° ۲۸' ۱۱/۵۵" N	۵۲° ۳۶' ۲۷/۲۹" E
۴	۲۷° ۲۸' ۹/۵۴" N	۵۲° ۳۶' ۳۰/۱۴" E

نمونه برداری در فصل زمستان ۱۳۹۲ در سه ماه دی، بهمن و اسفند با استفاده از تله و با کمک افراد بومی منطقه صورت گرفت. گونه‌های جمع‌آوری شده برای تجزیه و تحلیل فلزی بر اساس فراوانی کلی آن‌ها در آن منطقه و تشابه اندازه نمونه‌ها انتخاب شدند. از این‌رو تعداد ۷۲ نمونه خرچنگ از چهار ایستگاه مطالعاتی در فصل زمستان (۲۴ نمونه در هرماه) جمع‌آوری گردید. سپس نمونه‌ها درون ظروف یونولیت حاوی یخ قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

در آزمایشگاه قبل از شروع کار، ابتدا تمام وسایل و ظروف موردنیاز شیشه‌ای و پلاستیکی به دقت با آب گرم و دترجن特، اسید نیتریک ۱۰ درصد یا اسید کلریدریک و درنهایت ۴ الی ۵ بار با آب دیونیزه شستشو شدند و به مدت ۲۴ ساعت در آون ۶۰ درجه سانتی گراد خشک گردیدند. سپس خرچنگ‌های هر ایستگاه نیز به طور جداگانه با آب دیونیزه شسته و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد تا رسیدن به مرحله‌ی آنالیز و هضم شیمیایی نگهداری شدند. به‌منظور هضم شیمیایی نمونه‌ها، ابتدا بافت نرم (ترکیبی از بافت عضله و هپاتوپانکراس) خرچنگ را جدا کرده و پس از همگن کردن آن ۵ گرم از نمونه را با ترازوی آزمایشگاهی با دقت نزدیک به ۰/۰۱ گرم داخل یک کروزه وزن کردیم و به مدت ۴ ساعت در کوره با درجه حرارت ۳۰۰ درجه سلسیوس نگه داری گردید تا نمونه‌ها خشک و خاکستر شدند. پس از آن نمونه‌ها در هاون چینی تا پودر شدن کامل ساییده شدند. نمونه کاملاً پودر شده در یک بشر ریخته شد و ۲ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (HNO_4) به آن اضافه شد و اجازه دادیم تا حد خشک شدن تبخیر گردد. پس از آن باقیمانده مواد ۲ ساعت در کوره با درجه حرارت ۳۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس ۵/۰ گرم پتابسیم یدید (KI) به آن اضافه گردید و با اسید کلریدریک ۱۰ درصد در بالون ژوژه به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. در مرحله بعد، ۰/۲۵ گرم اسید آسکوربیک اضافه شد و نمونه ۵

ساعت در دمای محیط قرار گرفت. محلول حاصل شده به دستگاه جذب اتمی کوره با مارک *Varian* ۱۰۰ و مدل *Zeeman* ساخت کشور استرالیا، تزریق شد. روش ذکر شده برای تعیین غلظت آرسنیک در این آزمایش، بر مبنای روش تعیین شده سازمان ملی استاندارد ایران می باشد (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۱).

پس از مشخص شدن غلظت آرسنیک در نمونه های خرچنگ شناگر آبی، نتایج حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزارهای *Excel* نسخه ۲۰۱۳ و *SPSS* نسخه ۲۲، تجزیه و تحلیل شد. به منظور بررسی اختلاف معنادار بین ایستگاه ها و ماه ها از آنالیز واریانس دو طرفه در سطح اطمینان ۹۵ درصد و برای مقایسه بین میانگین ها، آزمون دانکن (Duncan) استفاده شد.

نتایج

غلظت آرسنیک در ایستگاه های مختلف نمونه برداری در جدول ۲ نشان داده شده است که بر اساس یافته های این پژوهش بیشترین میزان غلظت آرسنیک در طول دوره نمونه برداری در ایستگاه اول (0.35 ± 0.10) و کمترین غلظت مربوط به ایستگاه سوم (0.15 ± 0.09) بوده است. همچنین جدول ۳ غلظت آرسنیک در ماه های نمونه برداری را نشان می دهد که با توجه به مقایسه میزان تجمع آرسنیک در ماه های مختلف در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی، بیشترین غلظت مربوط به ماه اسفند (0.30 ± 0.15) و کمترین میزان مربوط به ماه دی (0.17 ± 0.09) می باشد.

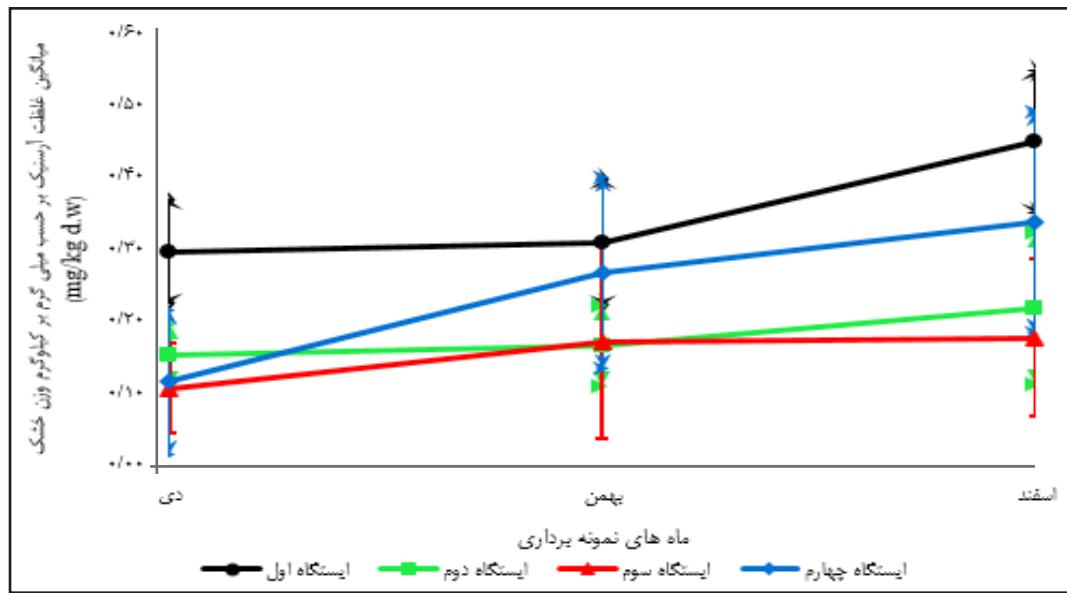
جدول ۲: میانگین غلظت آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در ایستگاه ها در طول دوره نمونه برداری، منطقه عسلویه (زمستان ۱۳۹۲).

ایستگاه های نمونه برداری	انحراف معیار \pm میانگین
۱	0.35 ± 0.10
۲	0.18 ± 0.07
۳	0.15 ± 0.10
۴	0.24 ± 0.15

جدول ۳: میانگین غلظت آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در ماه های نمونه برداری، منطقه عسلویه (زمستان ۱۳۹۲).

ماه های نمونه برداری	انحراف معیار \pm میانگین
دی	0.17 ± 0.09
بهمن	0.23 ± 0.11
اسفند	0.30 ± 0.15

شکل ۲ نشان دهنده تغییرات غلظت آرسنیک در ماه های نمونه برداری در ایستگاه های مختلف می باشد. با توجه به نمودار، میانگین غلظت آرسنیک در کلیه ایستگاه ها در طی دوره سه ماهه نمونه برداری سیر صعودی داشته است.



شکل ۲: نمودار میانگین غلظت آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) در طول دوره نمونه برداری در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در منطقه عسلویه (زمستان ۱۳۹۲).

نتایج حاصل از آنالیز واریانس در ایستگاه‌ها و ماه‌های نمونه برداری در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد بین ایستگاه‌های مختلف و بین ماه‌های نمونه برداری وجود داشت ($P < 0.05$) اما تفاوت معنی داری بین ایستگاه‌ها و ماه‌های نمونه برداری به طور متقابل یافت نشد ($P > 0.05$). مطابق با نتایج آزمون دانکن (Duncan) الگوی تجمع آرسنیک در ایستگاه‌ها به صورت ایستگاه ۲ = ایستگاه ۳ > ایستگاه ۴ > ایستگاه ۱ بوده است. همچنین مقایسه میانگین آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) در ماه‌های نمونه برداری با استفاده از این آزمون نشان داد که بیشترین میانگین غلظت آرسنیک مربوط به ماه اسفند بوده است و بین ماه‌های دی و بهمن اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد وجود نداشته است.

جدول ۴: نتایج آنالیز واریانس دوطرفه غلظت آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) با سطح اطمینان ۹۵ درصد در خرچنگ‌های شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف در منطقه عسلویه (زمستان ۱۳۹۲).

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مقدار p
ایستگاه‌های نمونه برداری	غلظت آرسنیک	۰.۰۰۰*
ماه‌های نمونه برداری	غلظت آرسنیک	۰.۰۰۰*
ماه‌ها × ایستگاه‌ها	غلظت آرسنیک	۰.۲۹۴

* نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

ورود آرسنیک به آب‌های طبیعی و آلودگی‌های ناشی از آن به عنوان یکی از مشکلات جدی جهان امروز مطرح می‌شود (Zhang et al., 2011). تجمع زیستی این فلز در زنجیره غذایی دریاها، اثرات نامطلوبی را بر سلامت انسان‌ها بر جای می‌گذارد. در این مطالعه، غلظت آرسنیک در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) به عنوان شاخص زیستی جهت تشخیص آلودگی‌های منطقه عسلویه مورد بررسی قرار گرفت.

در توضیح جدول ۲ می‌توان گفت آرسنیک یک عنصر طبیعی با گستردگی فراوان در خاک و اکوسیستم‌های آبی است که از هر دو عامل فعالیت‌های انسانی و طبیعی به محیط‌زیست وارد می‌شود (Ventura-Lima et al., 2009). وجود صنایع پتروشیمیایی و پالایشی گستردگی در منطقه و تخلیه پساب‌های صنعتی حاوی فلزات سنگین سبب افزایش این فلز در آب، خاک و هوای مجاور می‌گردد. مواد حاوی آرسنیک در انواع فرآیندهای تولید صنایع پتروشیمیی به کار می‌روند (Willhite and Ferm, 1984).

مریبوط به فاصله نزدیک آن با اسلکه و صنایع پتروشیمی موجود در منطقه باشد. همچنین نتایج نشان داد که پس از ایستگاه اول، بیشترین غلظت آرسنیک در ایستگاه چهارم بوده است. با وجود اینکه ایستگاه چهارم نسبت به ایستگاه های دیگر، فاصله بیشتری از منطقه صنعتی عسلویه و اسلکه بندر عسلویه دارد، اما می توان گفت علاوه بر فعلیت های صنعتی، یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در جذب آرسنیک، وضعیت تقدیمه ای و ماهیت رژیم غذایی این جاندار می باشد. با توجه به اینکه خرچنگ شناگر آبی علاوه بر نرم تنان کوچک از گیاهان نیز تقدیمه می کند و ایستگاه مذکور، نزدیک ترین ایستگاه به جنگل های حرا ناییند می باشد، افزایش غلظت آرسنیک در این مکان می تواند به دلیل افزایش غلظت این فلز در جنگل های حرا اطراف آن که یکی از مهم ترین زیستگاه های *P. pelagicus* است، باشد. گیاهان می توانند توسط ریشه و یا از طریق برگ هایشان آرسنیک موجود در خاک یا هوا را تا حد زیادی جذب کنند. در مطالعه ای در این زمینه توسط *Pinheiro* و همکاران (۲۰۱۲) نیز مشاهده شد که رابطه مستقیمی بین تجمع فلزات سنگین در درختان مانگو و خرچنگ شناگر آبی *Ucides cordatus* که از آن ها تقدیمه می کردند وجود دارد. همچنین با ذکر این نکته که آرسنیک از منابع متنوعی (منابع طبیعی و منابع انسانی) وارد اکوسیستم های آبی می شود و با توجه به تخلیه فاضلاب های خانگی و آب توازن کشی ها در مکان های مختلف، تفاوت در نتایج ایستگاه ها و نبودن الگویی منظم امری بدیهی است. مطابق با نتایج به دست آمده از مطالعه ای انجام شده در سواحل خلیج فارس در منطقه بندرعباس میانگین آرسنیک موجود در بافت ماهیچه میگو *Fenneropenaeus merguiensis* برابر با 0.07 ± 0.117 میکرو گرم بر کیلوگرم بود (Raissy et al., 2011). اختلاف نتایج این مطالعات با نتایج تحقیق حاضر ممکن است به علت تفاوت در نوع بافت مطالعه و شرایط جغرافیایی باشد.

با توجه به جدول ۳ غلظت آرسنیک جذب شده در خرچنگ شناگر آبی در ماه های مختلف زمستان، متفاوت است. عوامل محیطی متنوعی، از جمله شوری و دما، می تواند بر دسترسی زیستی آرسنیک در ارگانیسم ها تأثیرگذار باشد. با توجه به اینکه دما در ماه اسفند، بیشتر از ماه های دیگر است، می توان گفت که این امر به علت تأثیر دما بر نرخ متabolیک ارگانیزم ها و درنتیجه افزایش غلظت آرسنیک می باشد. همچنین با افزایش دما شوری آب افزایش می یابد و درنتیجه میزان جذب آرسنیک بیشتر می شود. *Ayas* و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعه خود دریافتند که خرچنگ شناگر آبی *Portunus pelagicus* جمع آوری شده از شمال شرق دریای مدیترانه، در ماه های مختلف نمونه برداری، غلظت های متفاوتی از فلزاتی مانند *Fe*, *Cu* و *Zn* را جذب کرده است. *Celechovska* و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی غلظت آرسنیک در نوعی ماهی (*Oncorhynchus mykiss*) در طول یک سال دریافتند که غلظت آرسنیک در فصل زمستان با کاهش دما، در بافت های این گونه کاهش می یابد. در تحقیقی دیگر در این زمینه در چند نوع ماهی در دریای شمال و دریای بالتیک، رابطه خطی مثبتی بین میزان شوری و غلظت آرسنیک یافت شد (Ventura-Lima et al., 2009). در مطالعه ای دیگر نیز غلظت آرسنیک با افزایش شوری به صورت خطی از $0.13 \mu\text{g/g}$ بر لیتر در آب های سور افزایش بافته است (Azizur Rahman et al., 2012). همچنین با توجه به جداول ۲ و ۳، انحراف معیارهای به دست آمده در ماه ها و ایستگاه های مختلف در این مطالعه به علت متفاوت بودن و تأثیر عواملی از جمله جنسیت و سن خرچنگ هایی که به طور تصادفی در هرماه جمع آوری شده اند، بر میزان جذب فلزات می باشد.

صیر صعودی میانگین غلظت آرسنیک در تمامی ایستگاه ها در طی دوره نمونه برداری در شکل ۲ با توجه به دلایل ذکر شده در رابطه با تأثیر دما و شوری بر نرخ جذب آرسنیک امری بدیهی به نظر می رسد. عوامل دیگری مانند رشد و یا چرخه تولید مثل نیز می توانند بر نوسانات فصلی و ماهانه فلزات تأثیرگذار باشند (Saei-Dehkordi et al., 2010). همچنین بیشترین تغییرات افزایش غلظت آرسنیک از دی ماه تا اسفندماه در ایستگاه چهارم بوده است که این افزایش علاوه بر دلایل ذکر شده، می تواند به دلایل مختلفی از جمله ورود فاضلاب های شهری و ویژگی های زمین شناسی مانند هوازدگی طبیعی سنگ ها نیز مرتبط باشد. با این حال *Saei- Dehkordi* (۲۰۱۰) در مطالعه ای نشان دادنکه غلظت آرسنیک در چند گونه تجاری ماهی جمع آوری شده از خلیج فارس در فصل زمستان بیشتر از غلظت آن در فصل تابستان می باشد. تفاوت نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر ممکن است به علت تفاوت در نوع گونه های موردمطالعه، تعداد نمونه ها و مکان نمونه برداری باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد که تفاوت معنی داری بین ماه ها و ایستگاه های موردمطالعه وجود داشت (جدول ۴؛ دریالعل و همکاران (۱۳۹۰)) نیز در مطالعه ای مشابه دریافتند که تفاوت معنی داری در میزان فلزات سرب و کروم در خرچنگ شناگر آبی حوزه بندرعباس بین ایستگاه ها وجود داشت. همچنین تحقیقات انجام شده بر غلظت آرسنیک موجود در ده گونه ماهی صید شده از خلیج فارس نیز حاکی از این بود که تفاوت معنی داری ($P < 0.05$) بین فصل های زمستان و تابستان وجود دارد (Saei- Dehkordi et al., 2010).

جدول ۵: بیشترین حد مجاز غلظت آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) در مواد غذایی بر اساس استانداردهای جهانی.

منبع	میزان (میلی گرم بر کیلوگرم)	استاندارد
McMurtrie, 2010; Food Standards Australia New Zealand, 2011	۲	(استرالیا و نیوزلند) FSANZ
Food Standards Agency, 2012	۱	.U.K (FSA)
Suhaimi et al., 2005	۱	سنگاپور
Bugang, 2010	۱	چین Gb 2762

با توجه به جدول ۵ مقایسه نتایج در این مطالعه با استانداردهای بین‌المللی موجود در این زمینه نشان داد که غلظت آرسنیک در همه ایستگاه‌ها و ماه‌های موردمطالعه، پایین‌تر از حد مجاز تمام استانداردهای ذکر شده می‌باشد. در مقایسه نتایج غلظت آرسنیک در چندگونه ماهی در خلیج فارس با استانداردهای موجود نیز نشان داده شد که غلظت آرسنیک پایین‌تر از استانداردهای منتشرشده توسط سازمان WHO و FAO بوده است (Saei- Dehkordi et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر در زمینه آنالیز فلزات سنگین سرب و کروم در بافت خرچنگ شناگر آبی، مقایسه نتایج به دست‌آمده با استاندارد مواد غذایی، نمایانگر بحرانی بودن غلظت این فلزات در منطقه خلیج فارس بود (دریالعل و همکاران، ۱۳۹۰). علت این امر تفاوت در نوع صنایع و آلاینده‌های موجود در این مطالعه و مطالعه حاضر می‌باشد.

به‌طورکلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تجمع زیستی آرسنیک در موجودات کف زی به عوامل مختلفی از جمله شوری، دما، نوع رژیم غذایی موجود، محل نمونه برداری و غیره بستگی دارد. با توجه به اینکه توانایی خرچنگ‌های *Portunus pelagicus* در تغییض فلزات سنگین در ماه‌های مختلف، تحت تاثیر پارامترهای محیطی تغییر می‌کند، مطالعات مکرر چهت پایش فلزات سنگین در این منطقه در حفظ سلامت افراد بسیار مؤثر است. همچنین با توجه به اینکه، خرچنگ شناگر آبی از موجودات مهم در حفظ تعادل زنجیره غذایی دریاها و از غذاهای اصلی در رژیم غذایی افراد بومی منطقه و همچنین از گونه‌های مهم تجاری محسوب می‌شود، آگاهی از تجمع آرسنیک در این گونه، یک امر ضروری به شمار می‌آید. قسمت عمده آرسنیک درون غذاهای دریایی مانند ماهی و سخت پستان از نوع ترکیبات آلی آرسنیک می‌باشد که برای انسان غیر سالم به حساب می‌آیند، اما فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی می‌تواند باعث افزایش مقدار آرسنیک غیر آلی درون موجودات آبزی گردد. علاوه بر این، با توجه به اینکه بیشترین مقدار آرسنیک غیر آلی، از طریق آب آشامیدنی و مواد غذایی مانند برنج و سبزیجات به بدن انسان منتقل می‌شود، نیاز به تحقیقات گستردۀ تری در رابطه با غلظت این فلز در اکوسیستم‌های آبی حس می‌شود.

منابع

- ابراهیم‌زاده، ع. ۱۳۹۰. بررسی و اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین (سرب، جیوه، آرسنیک و کادمیوم) موجود در آب مصب رودخانه تجن در دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- حسینی، م. و عبدی بسطامی، ا. ۱۳۹۱. غلظت فلزات سنگین (Pb, Cu, Cd, Ni) در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) و رسوبات زیستگاه آن در آب‌های ساحلی بوشهر. هفدهمین کنفرانس سراسری و پنجمین کنفرانس بین‌المللی زیست‌شناسی ایران.
- دریالعل، خ.، دادالله‌ی، س.، ذوالقرین، ح. و صفایه‌ی، ع. ر. ۱۳۹۰. بررسی تجمع فلزات سنگین سرب و کروم در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در سواحل استان هرمزگان (شهرستان بندرعباس). پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست.
- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۹۱. مواد غذایی، اندازه‌گیری عنصر کم‌مقدار - اندازه‌گیری آرسنیک کل با روش طیفسنجی جذب اتمی تولید هیدرید (HGAAS) پس از خاکستر سازی خشک.
- صلاحی نژاد، آ.، جوانشیر خوبی، آ.، عطاران، آ.، پورباقر، ۵. و ایگدری، س.، ۱۳۹۳. بررسی اثر کادمیوم بر نرخ جذب و فیلتراسیون صدف Mytilaster lineatus و میگوی *Palaemon elegans* دریای خزر به روش مزوکوزم (*Mesocosme*). مجله علمی- پژوهشی زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال ششم، شماره بیست و سوم، صفحات ۴۹-۶۰.
- عربان، ش.، تاتینا، م. و قریب خانی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات آلودگی نفتی در حوزه شمالي خلیج فارس بر میزان تجمع فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم و وانادیوم) در بافت عضله‌ی ماهی حلوا سفید (*Pampus rgenteuss*). مجله اقیانوس‌شناسی، سال اول، شماره ۴ (پیاپی ۱۵).
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry., 2007. Toxicological profile for Arsenic.
- Ayas, D., 2013. Effects of gender and season on potentially toxic metal levels in muscles of adult Blue Swimmer Crabs (*Portunus pelagicus*) from the northeastern Mediterranean Sea. Journal of Biology and

Oceanography, 2:2.

Azizur Rahman, M., Hasegawa, H. and Lim, R. P., 2012. Bioaccumulation, biotransformation and trophic transfer of arsenic in the aquatic food chain. Environmental Research, 116:118–135.

Bugang, W., 2010. National Food Safety Standard-Maximum Levels of Contaminants in Foods, GB2762. USDA Foreign Agricultural Service. GAIN Report Number: CH10000.

Celechovska, O., Harkabusova, V., Macharackova, B., Vitoulova, E. and Lavickova, A., 2011. Accumulation of arsenic during the growing period of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Acta Veterinaria Brno, 80: 219–225.

David, I. G., Matache, M. L., Tudorache, A., Chisamera, G., Rozylowicz, L. and Radu, G. L., 2012. Food chain biomagnification of heavy metals in samples from the lower Prut floodplain natural park. Environmental Engineering and Management Journal, 11(1):69-73.

Eisler, R., 1988. Arsenic hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. Biological Report 85(1.12). U.S. Fish and Wildlife Service Patuxent Wildlife Research Center Laurel, MD 20708.

Food Standards Agency (FSA), 2012. United Kingdom legislation: Contaminants in food (additional requirements). Retrieved from: http://www.cbi.eu/system/files/marketintel/2012_United_Kingdom_legislation_Contaminants_in_food_additional_requirements.pdf

Food Standards Australia New Zealand., 2011. Australia New Zealand Food Standards Code - Standard 1.4.1 - Contaminants and Natural Toxicants. Available at: <http://www.comlaw.gov.au/Details/F2011C00542>

Javaheri Baboli, M. and Velayatzadeh, M., 2013. Determination of heavy metals and trace elements in the muscles of marine shrimp, *Fenneropenaeus merguiensis* from Persian Gulf, Iran. The Journal of Animal and Plant Sciences, 23(3): 786-791.

Kamaruzzaman, B. Y., Rina, Z., Akbar John, B. and Jalal, K. C. A., 2011. Heavy metal accumulation in commercially important Fishes of south west Malaysian Coast. Research Journal of Environmental Science, 5(6):595-602.

Kamrani, E., Sabili, A. N. and Yahyavi, M., 2010. Stock Assessment and Reproductive Biology of the Blue Swimming Crab, *Portunus pelagicus* in Bandar Abbas Coastal Waters, Northern Persian Gulf. Journal of the Persian Gulf, (Marine Science), 1(2):11-22.

McMurtrie, S., 2010. Healthy estuary and rivers of the city: water quality and ecosystem health monitoring programme of Ihutai: heavy metals in fish and shellfish from Christchurch rivers and Estuary: 2010 survey. Report No: R10/148.

Pinheiro, M. A. A., Silva, P. P. G. E., Duarte, L. F. D. A., Almeida, A. A. and Zanotto F. P., 2012. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). Ecotoxicology and Environmental Safety, 81:114-21.

Raiissi, M., Ansari, M. and Rahimi, E., 2011. Mercury, arsenic, cadmium and lead in lobster (*Panulirus homarus*) from the Persian Gulf. Toxicology and Industrial Health, 27(7): 655-659.

Roy, B. J., Singha, N. K., Hasan Ali, S. M. and Gaziur Rhaman, M. D., 2012. Exploitation of marine swimming crab in Cox's Bazar, Bangladesh. Bangladesh Journal of Zoology, 40(2): 241-245.

Saei-Dehkordi, S. S., Fallah, A. A. and Nematollahi, A., 2010. Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: Influence of season and habitat. Food and Chemical Toxicology, 48:2945–2950.

Suhaimi, F., Wong, S. P., Lee, V. L. L. and Low, L. K., 2005. Heavy metals in fish and shellfish found in local wet markets. Singapore Journal of Primary Industries, 32: 1-18.

Tao, S. S. H., 2014. Toxic Metals: Arsenic. Encyclopedia of Food Safety, 2:342-345.

Ventura-Lima, J., Fattorini, D., Notti, A., Monserrat, J. M. and Regoli, F., 2009. Bioaccumulation patterns and biological effects of Arsenic in aquatic organisms. In: Environmental Health Risks eds Gosselin, J. D. and Fancher, I. M., Nova Science Publishers, Inc, pp.1-18.

Willhite, C. C. and Ferm, V. H., 1984. Prenatal and developmental toxicology of arsenicals. Advances in Experimental Medicine and Biology, 177:205-28.

Zhang, W., Huang, L. and Wang, W. X., 2011. Arsenic bioaccumulation in a marine juvenile fish Terapon jarbua. Aquatic Toxicology, 105:582– 588.