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

فروزان فاطمی[1*]
شهرزاد خرم نژادیان[2]
مهدی شمسایی مهرجان[3]

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 ازجمله آلاینده‌هایی هستند که می‌توانند در بافت‌های جانداران تجمع کنند و صدمات جبران‌ناپذیری 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 اتمی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت آرسنیک طی ماه‌های دی، بهمن و اسفند در بافت نرم خرچنگ آبی به ترتیب ۰/۰۹± ۰/۱۷، ۰/۱۱± ۰/۲۳ و ۰/۱۵± ۰/۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود . تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین ایستگاه‌ها و ماه‌ها وجود داشت ($p<0/05$). کمترین غلظت مربوط به ایستگاه سوم (۰/۱۰± ۰/۱۵) و بیشترین غلظت مربوط به ایستگاه اول (۰/۱۰± ۰/۳۵) بود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت آرسنیک در همه ایستگاه‌ها و ماه‌های مورد مطالعه، پایین تر از حد مجاز استانداردهای موجود در این زمینه می باشد.

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

مقدمه

در دهه های اخیر، آلودگی آب های دریایی با طیف گسترده ای از آلاینده های زیست محیطی به یکی از اساسی‌ترین مشکلات جهان تبدیل‌شده است. اکوسیستم های آبی به‌طور گسترده‌ای در معرض آلودگی فلزات سنگین ناشی از فعالیت های صنعتی و انسانی قرار دارند (Kamaruzzaman *et al*., 2011). خلیج فارس یکی از بزرگ ترین خلیج های جهان به شمار می آید که به‌عنوان زیستگاه بسیاری از موجودات آبزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. فعالیت های صنایع مستقر در سواحل خلیج فارس طی سال های اخیر یکی از مهم ترین عوامل ورود آلاینده های فلزی به آب های این منطقه می باشد (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱). فعالیت های دیگری

Archive of SID
www.SID.ir

ازجمله کشاورزی، کشتیرانی و آلودگی های ناشی از پسماندهای شهری نیز از عمده ترین منابع آلوده‌کننده آب های این خلیج می باشند که سبب نابودی جمعیت بسیاری از آبزیان ساکن در آن‌که اکثراً از گونه های تجاری می باشند شده است (عریان و همکاران، ۱۳۸۹).

فلزات سنگین ازجمله آلاینده های زیست‌محیطی پایدار هستند که قادر به تجزیه شدن در طبیعت نمی باشند و ازاین‌رو 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 می توانند وارد سطوح مختلف زنجیره غذایی شده و از این طریق به بدن انسان راه یابند و اثرات جدی بر سلامت آن ها ایجاد کنند. لذا بررسی این آلاینده ها در موجودات زنده از اهمیت بسزایی برخوردار است (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱).

آرسنیک یکی از فلزات سنگین می باشد که علی رغم اینکه در طبیعت به‌ندرت به شکل خالص یافت می شود، به‌طور گسترده ای در پوسته زمین وجود دارد. این فلز به‌طور طبیعی به‌صورت ترکیب با سولفید و یا ترکیب با فلزاتی مانند آهن، نیکل و کبالت یافت می شود (ابراهیم‌زاده، ۱۳۹۰). با توجه به اینکه آرسنیک از طریق منابع طبیعی مانند خاک، باد و آتش‌فشان‌ها در محیط‌زیست منتشر می شود (Ventura-Lima *et al.*, 2009; Tao, 2014)، اما انتشار آن از طریق منابع انسانی بیش از منابع طبیعی می باشد. ازجمله منابع انسانی تولیدکننده آرسنیک می توان به استفاده از آفت کش ها، احتراق زغال سنگ، احتراق چوب و زباله سوزی اشاره کرد. اکثر مواد منتشرشده آرسنیک دار ناشی از فعالیت های انسانی که اغلب به‌صورت آفت کش ها و یا مواد زائد جامد می باشند، به زمین وارد می شوند. بااین‌حال، مقادیر قابل‌توجهی نیز از طریق فعالیت هایی مانند سوزاندن سوخت های فسیلی و یا پساب های صنعتی به هوا و آب منتشر می شود (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007). مهم ترین راه مواجهه غیر شغلی افراد جامعه با آرسنیک، آب آشامیدنی و غذاها می باشد. غذاهای دریایی ازجمله ماهی ها و خرچنگ ها دارای بیشترین مقدار آرسنیک کل می باشند که از طریق رژیم غذایی به بدن انسان وارد می شوند. همچنین حبوبات و غلات بیشترین مقدار آرسنیک غیر آلی رادارند که بسیار سمی تر از آرسنیک آلی می باشد (Tao, ۲۰۱۴). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده است که قرار گرفتن در معرض آرسنیک باعث افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه ها، کلیه ها، کبد و پوست و دیگر بیماری های مزمن که موجب به وجود آمدن اثرات قلبی و عروقی، عصبی و عوارض دیابتی هستند، می شود.

آرسنیک را می توان خطری جدی برای موجودات دریایی نیز به شمار آورد (Azizur Rahman *et al.*, 2012). این فلز شیمی پیچیده ای در محیط‌زیست دریایی دارد و ترکیبات متفاوت بسیاری از هر دو گونه آلی و غیر آلی آن شناخته‌شده است (Zhang *et al.*, 2011). به دلیل این که آرسنیک یکی از ترکیبات موجود در پوسته زمین می باشد، این فلز به‌طور طبیعی در مقادیر کم در بافت های گونه های مختلف آبزی تجمع می یابد (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 ازجمله آرسنیک را درون بدنشان تجمع و تبدیل می کنند (صلاحی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). جانداران آبی اغلب آرسنیک غیر آلی را در خود انباشته می کنند و ارگانیسم های دیگری ازجمله فیتوپلانگتون‌ها و باکتری ها آن را به ترکیبات آلی آرسنیک مانند آرسنوبتایین تبدیل می کنند (Azizur Rahman *et al.*, 2012). مطالعاتی نیز نشان داده است که میزان جذب آرسنیک در موجودات زنده با تغییر در عوامل محیطی ازجمله دما و شوری تغییر می کند (Eisler, ۱۹۸۸). با توجه به خطرات ناشی از فلزات سنگین برای موجودات آبزی و انسان ها، سطوح این فلزات باید به‌طور پیوسته بررسی و اندازه گیری شود و بدین‌وسیله از افزایش و تراکم آن ها در زنجیره های غذایی جلوگیری به عمل آید (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱).

موجودات کف زی به دلیل اینکه از یک‌سو به‌طور مستقیم در تماس با رسوبات کف دریا که محل انباشت نهایی فلزات سنگین است، می باشند و از سوی دیگر در رژیم غذایی انسان مورداستفاده قرار می گیرند نقش مهمی را در انتقال آلاینده های فلزی از اکوسیستم دریا به انسان ایفا می نمایند (McMurtrie, 2010). خرچنگ شناگر آبی *Portunus pelagicus* یکی از گونه های تجاری در جهان و با پراکندگی گسترده در منطقه خلیج فارس می باشد (حسینی و عبدی بسطامی، ۱۳۹۱؛ Kamrani *et al.*, 2010). این‌گونه اغلب درخورها و زیستگاه های شنی و گلی، آب های ساحلی و منطقه بین جزر و مدی تا عمق ۵۰ متر و همچنین به‌صورت مخفی‌شده در رسوبات یافت می شود (Kamrani *et al.*, 2010). خرچنگ شناگر آبی یکی از ذخایر مهم شیلاتی نیز محسوب می شود و دارای مصارف مختلفی ازجمله مصارف خوراکی می باشد و منبع غنی استخراج ترکیبات کیتین و کیتوسان است که در صنایع غذایی، تصفیه فاضلاب، داروسازی و بخش های نانوتکنولوژی کاربرد فراوانی دارد (دریالعل و همکاران، ۱۳۹۰).

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

Archive of SID

www.SID.ir

سرب و کروم در خرچنگ شناگر آبی در منطقه بندرعباس، طی دو فصل تابستان و زمستان انجام‌شده است (دریالعل و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین مطالعه دیگری در این زمینه توسط حسینی و عبدی 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 سواحل خلیج فارس در منطقه بندرعباس در تحقیقی بررسی گردید (*Javaheri Baboli and Velayatzadeh, 2013*). *Ventura-Lima* و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مطالعه‌ای مشابه بر خرچنگ آبی *Portunus pelagicus* موجود در خلیج‌فارس، میزان آرسنیک را در این موجود اندازه‌گیری کردند. *Ayas* (۲۰۱۳) به بررسی تأثیرات جنسیت و فصل ها بر میزان جذب فلزات سمی در بافت عضله خرچنگ شناگر آبی *Portunus pelagicus* در شمال شرق دریای مدیترانه پرداخت. *Pinheiro* و همکاران (۲۰۱۲) تجمع زیستی شش فلز سنگین (*Cu, Hg, Mn, Pb, Cd, Cr*) را در خرچنگ های مانگرویی *Ucides cordatus* و گونه‌ای مانگرو قرمز (*Rhizophora mangle*) به‌عنوان منبع غذایی این نوع خرچنگ بررسی کردند.

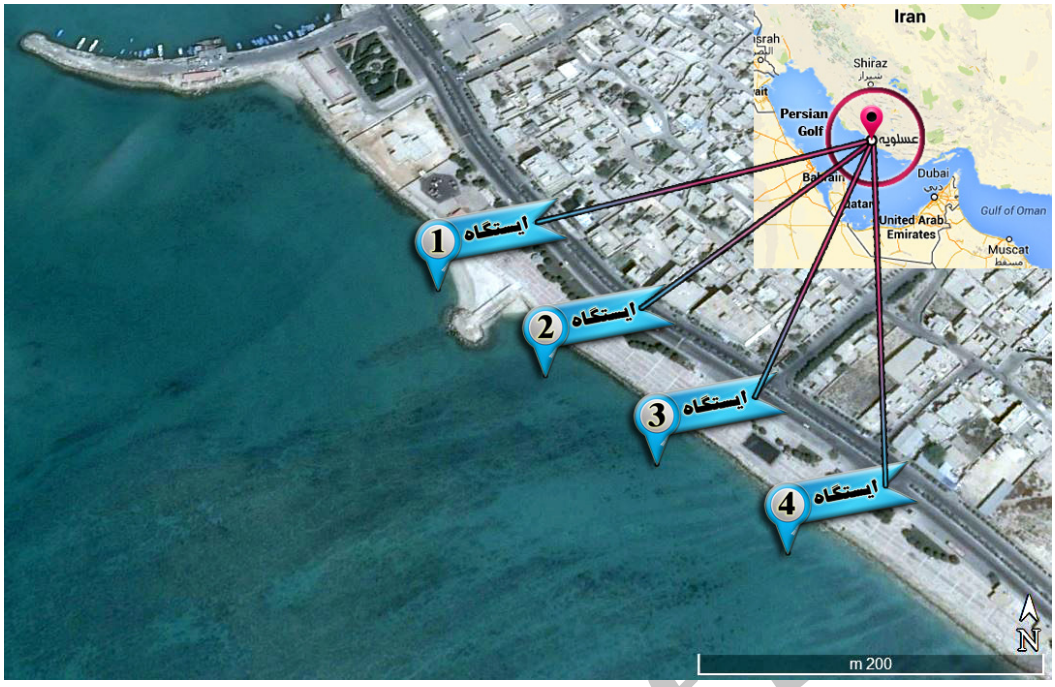
بااین‌حال درحالی‌که در عسلویه خرچنگ آبی به‌وفور یافت می شود، مطالعات بسیار کمی در رابطه با تجمع فلزات در این نوع سخت پوست در منطقه یادشده وجود دارد. همچنین اکثر مطالعات در این زمینه به بررسی غلظت فلزات سنگین در سخت پوستان به‌صورت مقایسه چند فصل پرداخته‌اند و مطالعات اندکی در مورد وضعیت جذب این فلزات و بخصوص آرسنیک در سخت‌پوستان، در طول یک‌فصل انجام‌شده است. لذا در این مطالعه باهدف بررسی غلظت آرسنیک در خرچنگ های شناگر آبی جمع‌آوری‌شده از منطقه عسلویه به‌عنوان شاخص پایش زیستی آرسنیک، به مقایسه میزان جذب آرسنیک در ماه های مختلف فصل زمستان در چهار ایستگاه مختلف در سواحل این منطقه، پرداخته شد. همچنین با توجه به اینکه این‌گونه در منطقه موردمطالعه مصرف خوراکی دارد، نتایج حاصل‌شده با استانداردهای جهانی موجود در این زمینه مقایسه گردید.

مواد و روش ها

منطقه عسلویه در عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۴۹ دقیقه و ۹۴ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه ۶۲ دقیقه و ۱۹ ثانیه قرار دارد. به‌منظور تعیین غلظت فلز آرسنیک در خرچنگ شناگر آبی، نمونه ها از سواحل خلیج‌فارس در منطقه عسلویه جمع آوری گردیدند. به‌منظور تعیین ایستگاه های نمونه برداری، منابع آلاینده منطقه عسلویه شناسایی شدند و نمونه برداری از چهار ایستگاه بافاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر، با توجه به موقعیت منطقه صورت گرفت. منطقه موردنظر برای نمونه برداری مابین جنگل های حرا نایبند و اسکله بندر عسلویه قرار داشت؛ به‌این‌ترتیب که ایستگاه اول نزدیک ترین ایستگاه به اسکله صیادی و منطقه صنعتی عسلویه بوده و ایستگاه چهارم دارای کم ترین فاصله از جنگل های حرا نایبند نسبت به سایر ایستگاه ها بود. وفور خرچنگ های شناگر آبی در منطقه موردمطالعه نسبت به سایر مناطق و همچنین مجاورت این منطقه به ناحیه صنعتی عسلویه و اسکله های صیادی مهم ترین دلایل انتخاب آن برای نمونه برداری می باشد. به‌این‌ترتیب می توان میزان آلودگی صنایع اطراف را بررسی نمود. با توجه به اینکه نمونه برداری در فصل زمستان انجام‌شده است و در این فصل خرچنگ های آبی غیرفعال بوده (Roy *et al*., 2012)، اکثر اوقات به‌صورت مدفون‌شده در گل‌ولای و رسوبات بوده و جابجایی چندانی ندارند؛ همچنین با توجه به امکانات موجود، فاصله ایستگاه ها از یکدیگر ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها توسط دستگاه *GPS* ثبت شد (جدول ۱) و بر روی نقشه منطقه علامت گذاری گردید (شکل ۱).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی عسلویه (منطقه موردمطالعه) و ایستگاه های نمونه برداری بر روی نقشه.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه های موردمطالعه در سواحل خلیج فارس، منطقه عسلویه.

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ایستگاه ۱	۲۷ ° ۲۸' ۱۵/۷۰" N	۵۲ ° ۳۶' ۲۱/۶۵" E
ایستگاه ۲	۲۷ ° ۲۸' ۱۳/۵۶" N	۵۲° ۳۶' ۲۴/۴۱" E
ایستگاه ۳	۲۷ ° ۲۸' ۱۱/۵۵" N	۵۲° ۳۶' ۲۷/۲۹" E
ایستگاه 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. گونه های جمع‌آوری‌شده برای تجزیه‌وتحلیل فلزی بر اساس فراوانی کلی آن ها در آن منطقه و تشابه اندازه نمونه ها انتخاب شدند. ازاین‌رو تعداد ۷۲ نمونه خرچنگ از چهار ایستگاه مطالعاتی در فصل زمستان (۲۴ نمونه در هرماه) جمع آوری گردید. سپس نمونه ها 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 به‌دقت با آب گرم و دترجنت، اسید نیتریک ۱۰ درصد یا اسیدکلریدریک 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 خرچنگ های هر ایستگاه نیز به‌طور جداگانه با آب دیونیزه شسته و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد تا رسیدن به مرحله ی آنالیز و هضم شیمیایی نگهداری شدند. به‌منظور هضم شیمیایی نمونه ها، 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 ۰/۰۰۱ گرم داخل یک کروزه وزن کردیم و به مدت ۴ ساعت در کوره با درجه حرارت ۳۰۰ درجه سلسیوس نگه داری گردید تا نمونه ها خشک و خاکستر شدند. پس‌ازآن نمونه ها 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_3) به آن اضافه شد و اجازه دادیم تا حد خشک شدن تبخیر گردد. پس‌ازآن باقیمانده مواد ۲ ساعت در کوره با درجه حرارت ۳۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس ۰/۵ گرم پتاسیم یدید (KI) به آن اضافه گردید و با اسیدکلریدریک (HCL) 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

Archive of SID
www.SID.ir

ساعت در دمای محیط قرار گرفت. محلول حاصل‌شده به دستگاه جذب اتمی کوره با مارک *Varian* و مدل ۶۰۰ *Zeeman* ساخت کشور استرالیا، تزریق شد. روش ذکرشده برای تعیین غلظت آرسنیک در این آزمایش، بر مبنای روش تعیین‌شده 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 نرم‌افزارهای Excel نسخه ۲۰۱۳ و SPSS نسخه ۲۲، تجزیه‌وتحلیل شد. به‌منظور بررسی اختلاف معنادار بین ایستگاه ها و ماه ها از آنالیز واریانس دوطرفه 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 داده‌شده است که بر اساس یافته های این پژوهش بیشترین میزان غلظت آرسنیک در طول دوره نمونه برداری در ایستگاه اول (۰/۱۰± ۰/۳۵) و کمترین غلظت مربوط به ایستگاه سوم (۰/۱۰± ۰/۱۵) 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 (۰/۱۵± ۰/۳۰) و کمترین میزان مربوط به ماه دی (۰/۰۹± ۰/۱۷) 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 ± میانگین
ایستگاه ۱	۰/۳۵ ±۰/۱۰
ایستگاه ۲	۰/۱۸ ±۰/۰۷
ایستگاه ۳	۰/۱۵ ±۰/۱۰
ایستگاه ۴	۰/۲۴ ±۰/۱۵

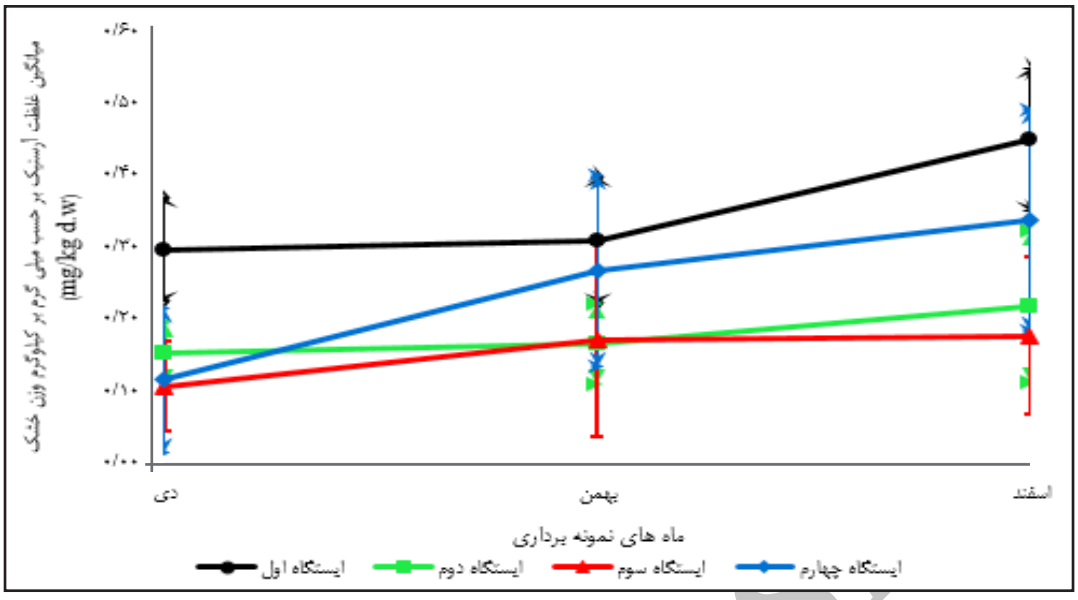
جدول ۳: میانگین غلظت آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) **در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) در ماه های نمونه برداری، منطقه عسلویه (زمستان ۱۳۹۲).**

ماه های نمونه برداری	انحراف معیار ± میانگین
دی	۰/۱۷ ±۰/۰۹
بهمن	۰/۲۳ ±۰/۱۱
اسفند	۰/۳۰ ±۰/۱۵

شکل ۲ نشان‌دهنده 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 سه‌ماهه نمونه برداری سیر صعودی داشته است.

Archive of SID

www.SID.ir



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 ایستگاه ها و ماه های نمونه برداری در جدول ۴ نشان داده‌شده است. با توجه به این جدول، تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد بین ایستگاه های مختلف و بین ماه های نمونه برداری وجود داشت ($P<۰/۰۵$) اما تفاوت معنی داری بین ایستگاه ها و ماه های نمونه برداری به‌طور متقابل یافت نشد ($P>۰/۰۵$). مطابق با نتایج آزمون دانکن (*Duncan*) الگوی تجمع آرسنیک در ایستگاه ها به‌صورت ایستگاه ۲ = ایستگاه ۳ > ایستگاه ۴ > ایستگاه ۱ بوده است. همچنین مقایسه میانگین آرسنیک (میلی گرم بر کیلوگرم) در ماه های نمونه برداری با استفاده از این آزمون نشان داد که بیشترین میانگین غلظت آرسنیک مربوط به ماه اسفند بوده است و بین ماه های دی و بهمن اختلاف معناداری در سطح ۵ در صد وجود نداشته است.

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

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مقدار p
ایستگاه های نمونه‌برداری	غلظت آرسنیک	۰/۰۰۰*
ماه های نمونه‌برداری	غلظت آرسنیک	۰/۰۰۰*
ماه ها × ایستگاه ها	غلظت آرسنیک	۰/۲۹۴

* نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می باشد.

بحث و نتیجه گیری

ورود آرسنیک به آب های طبیعی و آلودگی های ناشی از آن به‌عنوان یکی از مشکلات جدی جهان امروز مطرح می شود (*Zhang et al. 2011*). تجمع زیستی این فلز در زنجیره غذایی دریاها، اثرات نامطلوبی را بر سلامت انسان ها برجای می گذارد. در این مطالعه، غلظت آرسنیک در بافت نرم خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) به‌عنوان شاخص زیستی جهت تشخیص آلودگی های منطقه عسلویه موردبررسی قرار گرفت.

در توضیح جدول ۲ می توان گفت آرسنیک یک عنصر طبیعی با گستردگی فراوان در خاک و اکوسیستم های آبی است که از هر دو عامل فعالیت های انسانی و طبیعی به محیط‌زیست وارد می شود (Ventura-Lima *et al., 2009*). وجود صنایع پتروشیمیایی و پالایشی گسترده در منطقه و تخلیه پساب های صنعتی حاوی فلزات سنگین سبب افزایش این فلز در آب، خاک و هوای مجاور می گردد. مواد حاوی آرسنیک در انواع فرآیندهای تولید صنایع پتروشیمی به کار می روند (Willhite and Ferm, 1984). ازاین‌رو بالا بودن غلظت آرسنیک در ایستگاه اول می تواند

Archive of SID
www.SID.ir

مربوط به فاصله نزدیک آن با اسکله و صنایع پتروشیمی موجود در منطقه باشد. همچنین نتایج نشان داد که پس از ایستگاه اول، بیشترین غلظت آرسنیک در ایستگاه چهارم بوده است. باوجوداینکه ایستگاه چهارم نسبت به ایستگاه های دیگر، فاصله بیشتری از منطقه صنعتی عسلویه و اسکله بندر عسلویه دارد، اما می توان گفت علاوه بر فعالیت های صنعتی، یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در جذب آرسنیک، وضعیت تغذیه ای و ماهیت رژیم غذایی این جاندار می باشد. با توجه به اینکه خرچنگ شناگر آبی علاوه بر نرم تنان کوچک از گیاهان نیز تغذیه می کند و ایستگاه مذکور، نزدیک ترین ایستگاه به جنگل های حرا نایبند 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 مانگرو و خرچنگ های *Ucides cordatus* که از آن ها تغذیه 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 کشتی ها در مکان های مختلف، تفاوت در نتایج ایستگاه ها و نبودن الگویی منظم امری بدیهی است. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه ای انجام‌شده در سواحل خلیج فارس در منطقه بندرعباس میانگین آرسنیک موجود در بافت ماهیچه میگو *Fenneropenaeus merguiensis* برابر با ۰/۱۱۷ ±۰/۰۷ به دست آمد (Javaheri Baboli and Velayatzadeh, 2013). در تحقیقی مشابه در سواحل خلیج فارس در منطقه هندیجان نیز، غلظت آرسنیک در بافت ماهیچه لابسترهای *homarus Panulirus* موردمطالعه، برابر با ۲۷۵- ۱۱۸ میکروگرم بر کیلوگرم و میانگین آن ۱۸۴/۳ 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 موردمطالعه و شرایط جغرافیایی باشد.

با توجه به جدول ۳ غلظت آرسنیک جذب‌شده در خرچنگ شناگر آبی در ماه های مختلف زمستان، متفاوت است. عوامل محیطی متنوعی، ازجمله 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 متابولیک ارگانیزم ها و درنتیجه افزایش میزان جذب 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* جمع‌آوری‌شده از شمال شرق دریای مدیترانه، در ماه های مختلف نمونه برداری، غلظت های متفاوتی از فلزاتی مانند *Cu*، *Zn* و *Fe* 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 این‌گونه 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 به‌صورت خطی از ۰/۱۳ میکروگرم بر لیتر در آب های شیرین تا ۱/۸ میکروگرم بر لیتر در آب های شور افزایش‌یافته است (Azizur Rahman *et al., 2012*). همچنین با توجه به جداول ۲ و ۳، انحراف معیارهای به‌دست‌آمده در ماه ها و ایستگاه های مختلف در این مطالعه به علت متفاوت بودن و تأثیر عواملی ازجمله جنسیت و سن خرچنگ هایی که به‌طور تصادفی در هرماه جمع‌آوری‌شده‌اند، 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 ذکرشده در رابطه با تأثیر دما و شوری بر نرخ جذب آرسنیک امری بدیهی به نظر می رسد. عوامل دیگری مانند رشد و یا چرخه تولیدمثل نیز می توانند بر نوسانات فصلی و ماهانه فلزات تأثیرگذار باشند (Saei-Dehkordi *et al., 2010*). همچنین بیشترین تغییرات افزایش غلظت آرسنیک از دی‌ماه تا اسفندماه در ایستگاه چهارم بوده است که این افزایش علاوه بر دلایل ذکرشده، می تواند به دلایل مختلفی ازجمله ورود فاضلاب های شهری و ویژگی های زمین شناسی مانند هوازدگی طبیعی سنگ ها نیز مرتبط باشد. بااین‌حال *Saei- Dehkordi* و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه ای نشان دادندکه غلظت آرسنیک در چندگونه تجاری ماهی جمع‌آوری‌شده از خلیج فارس در فصل زمستان بیشتر از غلظت آن در فصل تابستان می باشد. تفاوت نتایج این مطالعه بامطالعه 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 انجام‌شده بر غلظت آرسنیک موجود در ده گونه ماهی صیدشده از خلیج‌فارس نیز حاکی از این بود که تفاوت معنی داری ($P<۰/۰۵$) بین فصل های زمستان و تابستان وجود دارد (Saei- Dehkordi *et al*., 2010).

Archive of SID

www.SID.ir

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

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

با توجه به جدول ۵ مقایسه نتایج در این مطالعه با استانداردهای بین‌المللی موجود در این زمینه نشان داد که غلظت آرسنیک در همه ایستگاه ها و ماه های موردمطالعه، پایین‌تر از حد مجاز تمام استانداردهای ذکرشده می باشد. در مقایسه نتایج غلظت آرسنیک در چندگونه ماهی در خلیج‌فارس با استانداردهای موجود نیز نشان داده شد که غلظت آرسنیک پایین تر از استانداردهای منتشرشده توسط سازمان *FAO* و *WHO* بوده است (Saei- Dehkordi *et al*., 2010). در مطالعه‌ای دیگر درزمینه آنالیز فلزات سنگین سرب و کروم در بافت خرچنگ شناگر آبی، مقایسه نتایج به‌دست‌آمده 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 آلاینده های موجود در این مطالعه و مطالعه حاضر می باشد.

به‌طورکلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تجمع زیستی آرسنیک در موجودات کف زی به عوامل مختلفی ازجمله شوری، دما، نوع رژیم غذایی موجود، محل نمونه برداری و غیره بستگی دارد. با توجه به اینکه توانایی خرچنگ های *Portunus pelagicus* در تغلیظ فلزات سنگین در ماه های مختلف، تحت تأثیر پارامترهای محیطی تغییر می کند، مطالعات مکرر جهت 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 گونه های مهم تجاری محسوب می شود، آگاهی از تجمع آرسنیک در این‌گونه، یک امر ضروری به شمار می آید. قسمت عمده آرسنیک درون غذاهای دریایی مانند ماهی و سخت پوستان از نوع ترکیبات آلی آرسنیک می باشد که برای انسان غیر سمی به‌حساب می آیند، اما فعالیت های صنعتی و کشاورزی می تواند 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 می شود، نیاز به تحقیقات گسترده تری در رابطه با غلظت این فلز در اکوسیستم های آبی حس می شود.

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 (*Ni، Cu،Cd ،Pb*) در خرچنگ شناگر آبی (*Portunus pelagicus*) و رسوبات زیستگاه آن در آب های ساحلی بوشهر. هفدهمین کنفرانس سراسری و پنجمین کنفرانس بین‌المللی زیست شناسی ایران.

دریالعل، خ.، دادالهی، س.، ذوالقرنین، ح. و صفاهیه، 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 عناصر کم‌مقدار - اندازه‌گیری آرسنیک کل با روش طیف‌سنجی جذب اتمی تولید هیدرید *(HGAAS)* پس از خاکستر سازی خشک.

صلاحی نژاد، آ.، جوانشیر خویی، آ.، عطاران، آ.، پورباقر، ه. 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 ۶۰-۴۹.

عریان، ش.، تاتینا، م. و قریب خانی، م.، ۱۳۸۹. بررسی اثرات آلودگی نفتی در حوزه شمالی خلیج‌فارس 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 Agancy (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. Determintion 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.

Raissy, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir