

تعیین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*)

زهرا احمدی کردستانی^۱، امیرحسین حمیدیان^{۲*}، سید ولی حسینی^۳، سهراب اشرفی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران

۲. استادیار، دکتری مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران

۳. دکتری مهندسی شیلات، دانشگاه تهران

۴. دکتری مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۳۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۶/۲۰)

چکیده

فلزات سنگین آلاینده‌های شیمیایی‌اند که به دلیل سمی بودن، پایداری، تجمع زیستی و بزرگ‌نمایی زیستی همواره مورد توجه بوده‌اند. این آلاینده‌ها در بدن آبزیان تجمع می‌یابند و سپس از طریق زنجیره غذایی به بدن انسان منتقل می‌شوند. به همین دلیل در مطالعات بوم‌شناختی، تجمع آن‌ها، به‌خصوص در گونه‌های آبزی خوراکی، پارامتری مهم به‌شمار می‌رود و پایش می‌شود. گونه مورد مطالعه خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) است. موجودی کفزی، کم‌تحرک، و همه‌چیزخوار که به‌تازگی برای تغذیه در ایران مورد توجه قرار گرفته است. نمونه‌ها از بازار تهران به‌صورت تصادفی خریداری شد. طول، وزن و جنسیت آن‌ها تعیین شد. سپس داده‌های مربوط به غلظت فلزات سرب، کروم، مس و روی در بافت عضله با استفاده از روش هضم تر و دستگاه جذب اتمی مدل (Perkin Elmer, USA) به‌دست آمد. نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 19 تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که بین وزن و طول با غلظت فلزات هیچ‌گونه همبستگی وجود ندارد. در مورد جنسیت نیز عناصر سمی با جنس همبسته نبودند، اما عناصر مغذی با جنسیت همبستگی داشتند. بین غلظت فلزات اختلاف معناداری دیده شد و الگوی تجمع فلزات به‌صورت $\text{مس} < \text{کروم} \leq \text{سرب}$ بود. مقایسه مقادیر فلزات با استانداردها نشان داد که غلظت مس و روی به‌وضوح از مقادیر استانداردهای WHO و ANHMRC کمتر است، اما در مورد عنصر سرب غلظت در حد استانداردهای اعلام شده بود. از آن‌جاکه میزان مصرف این آبزی در بین ایرانیان بالا نیست و غلظت عناصر سمی با پخت و پز کاهش می‌یابد، مصرف آن با مقادیر تجمع فعلی فلزات برای سلامتی انسان مضر نیست، هرچند باید اقدامات احتیاطی لازم انجام شود تا در آینده تجمع این آلاینده‌ها در اکوسیستم آبی و در پی آن در غذاهای دریایی افزایش نیابد.

کلید واژگان: استاندارد، خرچنگ دراز آب شیرین، سد ارس، فلزات سنگین.

۱. مقدمه

امروزه افزایش جمعیت و توسعه شهری، گسترش صنایع گوناگون و تأثیرات صنعتی شدن و توسعه مناطق کشاورزی باعث ورود حجم بالایی از آلاینده‌های گوناگون به محیط‌های آبی شده و به مشکلات جدی آلودگی در آن‌ها منجر شده است (Lamanso et al., 1991; Bellas et al., 2005; Shahab Moghadam et al., 2010; Ebrahimi Sirizi et al., 2012). از میان مواد آلاینده وارد شده به اکوسیستم‌های آبی، فلزات سنگین به دلیل سمی بودن، پایداری و عدم تجزیه زیستی، تجمع زیستی، و بزرگ‌نمایی زیستی و نیز جذب آسان در گونه‌های آبی بیشتر مورد توجه‌اند (Ashraf et al., 2006; Shahab Moghadam et al., 2010). آلودگی محیط‌های آبی به آن‌ها همواره یکی از حساس‌ترین مسائل محیط‌زیستی بوده است (Paez-Osuna, 2000; Wu et al., 2011).

فلزات سنگین به دو دسته تقسیم می‌شوند: (۱) عناصر واسطه یا همان عناصر ضروری (ریزمغذی‌ها) مانند آهن، مس، کبالت، روی و منگنز که نقش‌زیستی آن‌ها شناخته شده است و برای اکثر موجودات در غلظت‌های کم (در حد پی پی ام) نقش‌های حیاتی عمده‌ای ایفا می‌کنند، اما در غلظت‌های بالا باعث بروز مسمومیت‌هایی در موجودات می‌شوند. (۲) عناصر سمی یا عناصری که برای آن‌ها نقش زیستی تعریف نشده است؛ مانند سرب، قلع، آرسنیک، و جیوه که در فعالیت‌های بدن موجودات زنده هیچ‌گونه نقشی ندارند و در غلظت‌های بسیار کم نیز برای موجودات سمی‌اند (Chen et al., 2008; Tepe, 2010; Shahab Moghadam et al., 2008).

فلزات غیرضروری از طریق همان مسیرهایی که فلزات ضروری جذب می‌شوند، از سوی موجودات دریافت می‌شوند و در آن‌ها تجمع می‌یابند (Licata et al., 2005; Shahab Moghadam et al., 2010). این مسیر جذب از آب به‌وسیله آبشش و یا سایر بافت‌ها و یا جذب از طریق زنجیره غذایی است که بیشترین مقدار دریافت فلزات سنگین نیز از همین

راه صورت می‌گیرد. فلزات سنگین ابتدا توسط فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها جذب می‌شوند، سپس به ترتیب توسط موجودات بزرگ‌تر خورده شده و سپس از طریق همین زنجیره غذایی به بدن انسان منتقل می‌شوند (Fazeli et al., 2005; Yilmaz, et al., 2007; Foroughi fard et al., 2008; Khoshnamvand et al., 2010; Ebrahimi Sirizi et al., 2012). زمانی که این فلزات به‌وسیله انسان مصرف می‌شوند، اغلب تأثیرات قوی و زیان‌آوری دارند. به همین دلیل در مطالعات اکولوژیکی تجمع فلزات، به‌خصوص در گونه‌های آبی خوراکی، پارامتری مهم به‌شمار می‌روند و پایش می‌شوند. در آب‌های شیرین بعد از ماهی، غذاهایی که بیشتر توسط انسان مصرف می‌شود، سخت‌پوستان و نرم‌تنان‌اند (Kurun et al., 2010).

گونه مورد مطالعه در اینجا خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) است. این موجود در آب‌های شیرین و لب‌شور زندگی می‌کند. این گونه موجودی کفزی است و ارتباط زیادی با بستر دارد (Paydar et al., 2003; Hosseini et al., 2006). خرچنگ دراز آب شیرین همه‌چیزخوار است و به‌مثابه گیاه‌خوار، شکارچی و دتریت‌خوار عمل می‌کند (Tahergoraby, 2003). بنابراین محیط رشد و زندگی و همچنین نوع تغذیه‌اش به صورتی است که می‌تواند میزان زیادی عناصر سنگین را از محیط زندگی خود دریافت کند و در بافت‌های خود تجمع دهد. خرچنگ دراز آب شیرین، به‌دلیل داشتن خصوصیاتی از جمله قیمت مناسب برای بیشتر مردم، توانایی حمل زنده به بازار و ارزش غذایی بالا، در دنیا از اهمیت اقتصادی و تجاری خاصی برخوردار است؛ به‌طوری‌که در بسیاری از کشورها حتی اگر در داخل مصرفی نداشته باشد، به‌صورت انبوه تولید و صادر می‌شود. متأسفانه این محصول در ایران به‌ندرت مصرف می‌شود و بسیاری از مردم به خوردن آن تمایل ندارند، هرچند به‌تازگی مورد توجه قرار گرفته است. ولی در اروپا سابقه دیرینه دارد و در زمان‌های قدیم غذای گروه اشراف به‌شمار می‌رفته

(Mohammadi et al., 2007). تصویر ۱ نمایی از این گونه را نشان می‌دهد.

است؛ گرچه مصرف آن از قرن سوم به صورت یک برنامه غذایی در بین مردم عادی جا باز کرده است (Skurdal et al., 1992; Tahergoraby, 2003;)



تصویر ۱. خرچنگ دراز آب شیرین (www.wiener-fischereiausschuss.at/krebse.htm) *Astacus leptodactylus*

شست‌وشو داده شدند تا پوشش لزج و ذرات خارجی از سطح بدن دفع شود، و بعد از آب‌چک شدن، ابتدا طول کل هر یک از نمونه‌ها با استفاده از کولیس (با دقت ۱ میلی‌متر) و وزن کل آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) محاسبه شد. جنسیت نیز با توجه به دارا بودن مجراهای اسپرم‌بر پیش از جفت پاهای اول سینه‌ای یا فقدان آن‌ها مشخص شد (نرها این لوله‌ها را دارند، درحالی‌که جنس ماده فاقد آن است).

سپس مقدار ۴ الی ۵ گرم از بافت عضله (معمولاً بافت‌های عضله به دلیل خوراکی بودن و تأثیر در سلامت مصرف‌کنندگان، مهم‌ترین بافت زنده هر آبزی خوراکی برای سنجش غلظت فلزات تجمع یافته محسوب می‌شود) (Eisler, 2006) هر یک از نمونه‌ها از قسمت وسط بدن به وسیله چاقوی پلاستیکی جدا شد. شایان ذکر است که پیش از برداشتن گوشت ابتدا نوار گوارشی در سطح پشتی و سپس نوار عصبی در سطح شکمی از بافت عضله جدا شد. سپس گوشت برداشته شده با آب مقطر اندکی شست‌وشو داده شد، و بعد از آب‌چک شدن، وزن تر هر کدام به دقت محاسبه شد. سپس نمونه‌ها به ارنل‌های ۵۰ میلی‌متری منتقل شده و به مدت ۴۸ ساعت درون آن با

در این پژوهش غلظت چهار فلز سرب، کروم، مس و روی در بافت عضله خرچنگ دراز آب شیرین اندازه‌گیری شد. این خرچنگ از سد ارس صید می‌شود و در بازار تهران به فروش می‌رسد. این چهار فلز از منابع متنوعی به محیط زیست وارد می‌شوند، بنابراین به راحتی به زنجیره غذایی و در نهایت بدن انسان وارد می‌شوند.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌ها به صورت تصادفی و از فروشندگان مرکز پخش محصولات شیلاتی شهر تهران، واقع در میدان بعثت، تهیه شد و ۲۵ قطعه در اوزان معمول بازاری خریداری شد. شناسایی گونه از طریق کلید شناسایی صورت پذیرفت (Tahergoraby, 2003). نمونه‌ها پس از تهیه از بازار، به صورت زنده و طی مدت حدوداً ۲ ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد گذاشته شدند تا خرچنگ‌ها بمیرند و بتوان مراحل آزمایش را روی آن‌ها انجام داد. ۱۲ ساعت قبل از شروع آزمایش‌ها، از فریزر به یخچال انتقال یافتند تا فرایند انجمادزدایی صورت پذیرد. بعد از آن تمامی نمونه‌ها به خوبی با آب

۳. نتایج

در جدول ۱ نتایج حاصل از محاسبه طول کل، طول بخش شکمی (بخش حاوی بافت عضلانی) و وزن کل نمونه‌ها و در جدول ۲ متوسط غلظت فلزات سنگین مورد بررسی بیان شده است.

نتایج این مطالعه نشان داد که بین غلظت هیچ یک از فلزات با متغیرهای ریختی وزن کل، طول کل و طول بخش شکمی همبستگی وجود ندارد ($P > 0/05$). بین دو جنس نر و ماده نیز از نظر غلظت فلزات سرب و کروم اختلاف معناداری دیده نشد ($P > 0/05$)، اما در مورد فلزات مس و روی، بین دو جنس اختلاف معناداری تشخیص داده می‌شد ($P < 0/05$)؛ ماده‌ها مس را بیشتر از نرها و روی را کمتر از آن‌ها جذب کرده بودند. بین فلز سرب با کروم، مس و روی و هم‌چنین فلز کروم با روی همبستگی مثبت مشاهده شد ($P < 0/05$)، اما بین کروم با مس و روی با مس هیچ‌گونه همبستگی مشاهده نشد ($P > 0/05$). بین غلظت فلزات اختلاف معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$) که در مقایسه میانگین گروه‌ها با استفاده از روش دانکن معلوم شد بین میانگین غلظت فلزات سرب و کروم اختلاف معناداری وجود ندارد ($P > 0/05$)، اما بین غلظت سرب و یا کروم با مس و روی اختلاف معنادار وجود دارد ($P > 0/05$). همین‌طور بین غلظت فلزات مس و روی اختلاف معنادار بود ($P > 0/05$). به‌طور کلی روند تجمع فلزات در بافت عضله خرچنگ دراز آب شیرین به‌صورت زیر دیده شد: $\text{روی} < \text{مس} < \text{کروم} \leq \text{سرب}$.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در جدول ۳ نتایج مطالعه حاضر با مقادیر استاندارد و نتایج سایر تحقیقات مقایسه شده است.

دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از آن وزن خشک نمونه‌ها محاسبه شد و به هر ارلن در حدود ۵ میلی‌متر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد. بعد از گذشت چند ساعت و هضم شدن گوشت خشک‌شده، ارلن‌ها روی هات‌پلیت قرار داده شدند تا زمانی که حجم اسید به حدود ۱ میلی‌متر کاهش یابد. بعد از آن نمونه‌ها با افزودن آب دیونایز ۱ درصد اسید به حجم رسانیده شدند. در پایان محلول‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف شده و تا زمان اندازه‌گیری درون بطری‌های پلی‌اتیلنی نگهداری شدند (AOAC^۱, 2000). در نهایت، غلظت عناصر در هر یک از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی^۲ (Perkin Elmer, USA) قرائت شد.

شایان ذکر است که هم‌زمان با نمونه‌های اصلی ۴ نمونه شاهد یا کنترل^۳ (به‌منظور ارزیابی خطا) آماده شد. هم‌چنین کلیه وسایل و ظروف مورد استفاده ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمایش‌ها در حمام اسیدی اسید نیتریک غلیظ (۱۰ درصد) قرار گرفتند و با آب مقطر شست‌وشو داده شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS 19 استفاده شد. به‌منظور بررسی وجود ارتباط بین طول و یا وزن با غلظت فلزات سنگین و هم‌چنین بررسی ارتباط میان غلظت فلزات سنگین با یکدیگر، از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. برای بررسی اختلاف بین نرها و ماده‌ها از نظر غلظت فلزات (تأثیر جنسیت در غلظت فلزات) آزمون تی مستقل به‌کار گرفته شد. برای آنکه بدانیم بین غلظت فلزات گوناگون اختلاف معنادار وجود دارد یا خیر، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. نرمال بودن (از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) و همگن بودن داده‌ها (از طریق آزمون لیون) پیش از آزمون‌های فوق بررسی شد. سطح معناداری در این پژوهش ۵ درصد در نظر گرفته شد.

1. Association of Official Analytical Chemistry
2. Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry
3. Blank

جدول ۱. نتایج ریخت‌سنجی خرچنگ دراز آب شیرین

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
طول کل (میلی‌متر)	۱۱/۴	۱۳	۱۲/۲۷	۰/۴۵
طول شکمی (میلی‌متر)	۴	۴/۹	۴/۳۸	۰/۲۱
وزن کل (گرم)	۳۸/۱۱	۶۱/۴۵	۴۸/۸۸	۶/۱۳

جدول ۲. نتایج آمار توصیفی غلظت فلزات سنگین در خرچنگ دراز آب شیرین (میکروگرم به گرم وزن خشک)

عنصر	متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
سرب	۷/۷۲	۱۹/۷۳	۱۰/۲۸	۲/۳۵	
کروم	۱۲/۱۲	۲۳/۹۶	۱۶/۴۰	۲/۵۱	
مس	۲۹/۲۴	۱۱۰/۵۳	۵۸/۱۱	۱۸/۲۶	
روی	۱۰۲/۱۷	۱۸۵/۴۰	۱۳۶/۹۰	۲۲/۱۲	

جدول ۳. مقایسه نتایج غلظت فلزات سنگین در عضله خرچنگ دراز آب شیرین (میکروگرم به گرم) در مقایسه با سایر مطالعات و استانداردها

مرجع	عنصر	سرب	کروم	مس	روی
FDA (Raja et al., 2009)	-	-	۱۲	-	-
WHO (Pourang et al., 2004)	-	-	-	۱۰	۱۰۰۰
ANHMRC (Pourang et al., 2004)	۱/۵	-	-	۱۰	۱۵۰
MAFF (Pourang et al., 2004)	۲	-	-	۲۰	۵۰
Turkish Seafood Standards	۰/۵	-	-	۲۰	-
Paydar et al., 2003*	۳/۰۷	۲/۵۳	-	-	۱۱۱/۴۶
Hosseini et al., 2006*	۲/۴۴±۰/۷۷	۳/۴۰±۰/۹۹	۴۵/۷۳±۱۷/۸۱	-	۲۵۳/۶۱±۶۲/۰۸
Naghshbandi et al., 2007*	۷۹/۷۱	۰	۶۶۶/۸	-	۱۱۹۰/۱۵
Kurun et al., 2010*	<۰/۰۱	-	۹/۱	-	-
مطالعه حاضر	۱/۸۷±۰/۳۸	۳/۰۱±۰/۳۷	۱۰/۹۹±۲/۷۹	-	۲۶/۲۰±۳/۸۵
مطالعه حاضر*	۱۰/۱۸±۲/۳۶	۱۶/۲۸±۲/۵۱	۵۸/۱۱±۱۸/۲۶	-	۱۳۶/۸۹±۲۲/۱۲

* این داده‌ها بر اساس وزن خشک هستند.

مطابقت داشت، اگرچه در آن مطالعه بین غلظت هیچ یک از فلزات در دو جنس اختلاف معناداری مشاهده نشد. نتایج اختلاف بین غلظت فلزات دقیقاً شبیه به یافته‌های Hosseini و همکاران (2006) بود. الگوی تجمع فلزات نیز کاملاً مشابه نتایج مطالعه Hosseini و همکاران (2006) بود (روی < مس < کروم < سرب). بنابراین ثابت شد

مقایسه یافته‌های پژوهش حاضر با مطالعات پیشین نشان داد که نتایج همبستگی با متغیرهای ریختی شبیه به نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق Paydar و همکاران (2003) بر روی خرچنگ دراز آب شیرین در تالاب انزلی و دریاچه سد ارس بود. نتایج اختلاف بین دو جنس از نظر غلظت فلزات با نتایج تحقیق Naghshbandi و همکاران (2007)

از مطالعات Paydar و همکاران (2003)، Hosseini و همکاران (2006) و Naghshbandi و همکاران (2007) بیشتر بود (این عنصر در پژوهش Kurun و همکاران (2010) اندازه گیری نشده بود). غلظت عنصر مس از مطالعه Naghshbandi و همکاران (2007) کمتر و از تحقیق Hosseini و همکاران (2006) و Kurun و همکاران (2010) بیشتر بود (این عنصر در پژوهش Paydar و همکاران (2003) اندازه گیری نشده بود). درباره فلز روی هم غلظت از تحقیق Paydar و همکاران (2003) بیشتر و از مطالعات Hosseini و همکاران (2006) و Naghshbandi و همکاران (2007) کمتر بود (این عنصر در پژوهش Kurun و همکاران (2010) اندازه گیری نشده بود).

از آنجاکه میزان مصرف این آبزی در بین ایرانیان بالا نیست و همچنین غلظت عناصر غیر ضروری با پخت و پز کاهش می یابد (برخلاف عناصر ضروری که غلظتشان با پخت و پز افزایش پیدا می کند)، تصور می شود مصرف آن، با مقادیر تجمع فعلی فلزات، برای سلامتی انسان مضر نیست؛ هرچند ما معتقدیم اگر اقدامات احتیاطی لازم انجام نشود، در آینده تجمع افزایش پیدا خواهد کرد.

که گونه مورد نظر ما عناصر مغذی را در مقادیر بالاتری از عناصر سمی تجمع می دهد؛ Kurun و همکاران (2010) نیز در تحقیق خود به این مهم پی بردند. از آنجاکه فلزات روی و مس برای متابولیسم آبزیان عناصری مغذی و ضروری اند، طبیعی است که بیشتر از عناصر سمی و غیر ضروری مانند کروم و سرب جذب شوند.

مقایسه مقادیر فلزات در بافت عضله خرچنگ دراز آب شیرین با استانداردها نشان داد که غلظت فلز سرب کمتر و یا در حد استانداردهای WHO، ANHMRC و TSS است، اما در مورد عناصر مس و روی، غلظت به وضوح از مقادیر استانداردهای مذکور کمتر بود. غلظت کروم نیز زیر استاندارد FDA بود. این یافته شبیه نتایجی بود که Paydar و همکاران (2003) و Hosseini و همکاران (2006) به دست آوردند (در آنجا نیز مقادیر فلزات زیر استاندارد FDA بود).

همچنین مقایسه غلظت فلزات سرب، کروم، مس و روی با سایر مطالعات نشان داد که غلظت سرب از مطالعه Naghshbandi و همکاران (2007) کمتر و از سایر مطالعات بیشتر بود. در مورد فلز کروم نیز غلظت

REFERENCES

1. AOAC (1995) *Official methods of analysis*, 16th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists
2. Ashraf W., Seddigi Z., Abulkibash A. and Khalid M (2006) "Levels of selected metals in canned fish consumed in Kingdom of Saudi Arabia," *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 117: 271-279.
3. Bellas J., Beiras R., Carlos J. and Fernandez N (2005) "Toxicity of organic compounds to marine invertebrate embryos and larvae: A comparison between the Sea Urchin embryogenesis bioassay and alternative test species," *Journal of Ecotoxicology*, 14: 337-353.
4. Chen Z., Zhang N., Zhuo L. and Tang B (2008) "Catalytic kinetic methods for photometric or fluorometric determination of heavy metal ions," *Journal of Microchimica Acta*, 164 (3-4): 311-336.
5. Chuba, L., Kraiem, M., Njimi, W., Tissaoui, C. H., Thompson, J. R. and Flower, R. J (2007) "Seasonal Variation of Heavy Metals (Cd, Pb and Hg) in Sediments and in Mullet, *Mugil cephalus* (Mugilidae), from the Ghar El Melh Lagoon (Tunisia)," *Transit Waters Bulletin*, 4: 45-52
6. Ebrahimi Sirizi Z., Sakizadeh M., Esmaili Sari A., Bahramifar N., Ghasempouri S. M. and Abbasi, K (2012) "Survey of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) Contamination in Muscle tissue of *Esox lucius* from Anzali International Wetland, Accumulation and Risk Assessment," *Journal of Mazandaran University Medical Science*, 22 (87): 57-63 (in Persian).
7. Eisler, R (2006) *Mercury Hazards to Living Organism*, CRC Press, 312.
8. Fazeli, M. S., Abtahi, B., Sabbagh Kashani A (2005) "Assessing Pb, Ni and Zn accumulation in the tissues of *Liza aurata* in

- the south Caspian Sea,” *Iranian Journal of Fisheries Science*, 14 (1): 65-78 (in Persian).
9. Foroughi Fard, R., Esmaeili Sari, A. and Ghasempouri, M (2008) “The correlation of length and weight of kutum (*Rutilus frisii kutum*) in the central south of Caspian Sea with copper and zinc concentration in muscle and liver tissues,” *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 16: 4 (in Persian).
 10. Hosseini, S. V., Hosseini, S. M., Tahergorabi, R. and Naseri, M (2006) “Determination of Heavy Metals Content in the Water, Sediments and Muscle of Crayfish, *Astacus leptodactylus*, in Abbasa River of Nour city,” *Journal of the Iranian Natural Resources*, 59 (3): 649 -657 (in Persian).
 11. Hosseini, S. M., Mirghaffari, N., Mahboobi Soofiani, N. and Hosseini, S. V (2010) “Assessment of the mercury contamination in the southern waters of the Caspian Sea (Mazandaran, Iran) using golden mullet (*Liza auratus*) and kutum (*Rutilus frisii kutum*), as bioindicator index,” M. Sc. Thesis, Industrial University of Isfahan, Faculty of Natural Resources, 79 (in Persian).
 12. Khoshnamvand, M., Kaboodvandpour Sh., Ghiasi, F. and Bahramnejad, B (2010) “Comparison trends of accumulated total mercury in White and Red muscle tissues of *Cyprinus carpio* and *Hypophthalmichthys molitrix* from Sanandaj Gheslugh reservoir,” M. Sc. Thesis. University of Kurdistan, Faculty of Natural Resources, 70 (in Persian).
 13. Kurun, A., Balkis, N., Erkan, M., Balkis, H., Aksu, A. and Ersan, M. S (2010) “Total metal levels in crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), and surface sediments in Lake Terkos, Turkey,” *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 385-395
 14. Lamanso, R., Cheung, Y., Chan, K. M (1991) “Metal concentration in the tissues of rabbitfish collected from Tolo Harbour in Hong kong,” *Marine Pollution Bulletin*, 39: 123-134.
 15. Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Naccari, C., Martino, D., Calo, M. and Naccari, F (2005) “Heavy metals in liver and muscle of Bluetin Tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the Straits of Messina (Sicily, Italy),” *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 107: 239- 248.
 16. Mohammadi, Gh., Keyvan, A., Vosouagi, Gh., Matinfar, A (2007) “The comparison of meristic characteristics of subspecies *Astacus leptodactylus leptodactylus* in Anzali wetland and Aras dam habitats,” *Pajouhesh & Sazandegi*, 75: 171-180 (in Persian).
 17. Pa’ez-Osuna, F (2000) “The environmental impact of shrimp aquaculture: a global perspective,” *Environmental Pollution*, 112: 229-231.
 18. Paydar, M. Fazeli, M. and Riahi Bakhtiari, Sh (2003) “Determination of heavy metals in Anzali cryfish (*Astacus leptodactylus*),” *Iran Journal of Fisheries*, 12: 1-14 (in Persian).
 19. Shahab Moghadam, F., Esmaeili Sari, A., Valinassab, T. and Karimabadi, M (2010) “Comparison of muscular tissue concentration of heavy metals in Sharpnose stinger (*Himantura gerrardi*) and Bigeye scade (*Selar crumenophthalmus*) of the Persian Gulf,” *Iranian Journal of Fisheries Science*, 19(2): 85-95 (in Persian).
 20. Skurdal, J., Qvenild, T. and Taugbol, T (1992) “Mark-recapture experiments with noble crayfish. *Astacus astacus*, in a Norwegian lake,” *Aquaculture and Fisheries Management*, 23: 273 p
 21. Tahergoraby, R (2003) *Crayfish (Biology, Culture and Propagation)*. Golshid Publication. 170.
 22. Tepe, Y., Turkmen, M. and Turkmen, A (2008) “Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas,” *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 146: 277-284.
 23. Wu, X. Y., Yang, Y. F (2011) “Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Zn) concentrations in harvest-size white shrimp *Litopenaeus vannamei* tissues from aquaculture and wild source,” *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 62-65.
 24. Yilmaz, F., Ozdemir, N., Demirak, A., and Tuna, A. L (2007) “Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*,” *Food Chemistry*, 100: 830-835.