

اندازه گیری برخی از فلزات سنگین در ماهی شوریده *Otolithes ruber* مطالعه موردی بندر ماهشهر

نعمت الله خراسانی^{۱*}، سید مهدی حسینی^۲، هادی پورباقر^۳، سید ولی حسینی^۳، فریدون افلاکی^۴

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۳. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۴. آزمایشگاه محیط زیست، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی هسته ای ایران، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۲۶)

چکیده

سمی بودن بالای فلزات سنگین و افزایش غلظت آن‌ها در محیط زیست لزوم پایش مکانی و زمانی آن‌ها را ایجاب می‌کند. به دلیل خاصیت انباشتگی فلزات سنگین در بدن آبزیان، همواره نگرانی‌هایی در خصوص امکان ورود آن‌ها به بدن انسان از طریق مصرف ماهی‌های آلوده وجود دارد. زیست بوم و نوع تغذیه ماهی شوریده به صورتی است که عناصر سنگین در بافت‌های آن‌ها تجمع می‌یابد، از این رو منطقه مورد مطالعه به منظور بررسی وضعیت آلودگی، انتخاب شد. در این تحقیق میزان غلظت عناصر مهمی چون کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، مس (Cu)، سرب (Pb)، منگنز (Mn)، روی (Zn)، نیکل (Ni) و آهن (Fe) در بافت خوراکی (عضله) ماهی شوریده صید شده از بندر ماهشهر آنالیز شد. نتایج به دست آمده نشان داد که میانگین غلظت عمده فلزات مورد بررسی (به جز کادمیوم و نیکل) در بافت عضله ماهی شوریده از حد استاندارد اعلام شده از سوی WHO کمتر است، اما برای ارزیابی دقیق تر خطر سایر منابع دریافت نیز باید بررسی شوند.

واژگان کلیدی

تجمع زیستی، خلیج فارس، فلزات سنگین، ماهی شوریده *Otolithes ruber*.

۱. مقدمه

مطالعه حاضر می‌تواند از دیدگاه سلامت و امنیت غذایی مصرف‌کننده نیز حائز اهمیت باشد.

خلیج فارس به دلیل ویژگی‌های اکولوژیکی خاص خود و محدودیت‌های جغرافیایی حاکم بر آن و همچنین وجود فعالیت‌های گوناگون انسانی^۴ در دریا و ساحل، همواره تحت تأثیر منابع آلاینده گوناگون خصوصاً عناصر سنگین قرار دارد (Agah et al., 2010; Pourang et al., 2005).

خصوصیت نیمه‌بسته بودن خلیج فارس همراه با پایین بودن میزان جابه‌جایی و تبادل آب آن با اقیانوس هند، کمبود میزان بارندگی سالانه و کافی نبودن آب‌های ورودی به محیط همراه با تبخیر بیش از اندازه آب، به‌طور طبیعی، ظرفیت خلیج فارس را در زمینه پخش و پراکندگی و خودپالایی آلودگی‌ها محدود ساخته است. به‌دلیل افزایش روزافزون فلزات سنگین در اثر فعالیت‌های انسانی و سرازیر شدن آن به محیط‌های آبی مانند خلیج فارس و از طرف دیگر، از آنجاکه این نوع از آلاینده‌ها در معرض حمله باکتریایی نیستند و از آلاینده‌های پایدار^۵ محسوب می‌شوند، مورد توجه بسیار زیادند (Agusa et al., 2004).

درخصوص بررسی میزان حضور فلزات سنگین در ماهی‌های خلیج فارس، تاکنون مطالعات چندی روی ماهی‌های گوناگون آن صورت گرفته و نتایج چشم‌گیری نیز به‌دست آمده است (Shahriari, 2005; Hashim et al., 1996; Agah et al., 2010). اما با توجه به آنکه خلیج فارس در مقابل آلودگی بسیار آسیب‌پذیر است، لزوم مطالعات مستمر و دامنه‌دار در آن ضروری است. از طرف دیگر، نظر به تأثیرات زیان‌بار وجود فلزات سنگین در ماهی‌های خوراکی بر سلامتی مصرف‌کنندگان، بررسی میزان حضور آن‌ها در ماهی‌های ارزشمندی چون شوریده ضرورت دارد تا ضمن اطمینان از کیفیت بهداشتی آن‌ها، از بروز خطرهای انسانی نیز پیش‌گیری شود.

مصرف آب‌زیان در دهه‌های اخیر به‌دلیل افزایش جمعیت و رویکرد عمومی به مصرف آب‌زیان، در پی آشکار شدن اهمیت طبی و نقش آن‌ها در پیش‌گیری از برخی بیماری‌ها، در حال افزایش است. غذاهای دریایی منبع مناسبی از مواد مغذی شامل پروتئین با کیفیت بالا، ویتامین‌های محلول در چربی (اغلب A و D)، ریزعنصرها (I, F, Ca, Zn, Fe, ...) و اسیدهای چرب چند غیراشباعی^۱ شناخته شده‌اند. با وجود چنین مزایایی، احتمال تجمع آلاینده‌ها به‌ویژه فلزات سنگین در آب‌زیانی که در منابع آبی آلوده^۲ زندگی می‌کنند زیاد است و از این‌رو در مصرف این گونه ماهی‌ها باید احتیاط کرد (Agusa et al., 2004).

تحقیقات نشان می‌دهد که بسیاری از انواع مواد و ترکیبات آلوده‌کننده (از قبیل فلزات سنگین) پس از ورود به یک منبع آبی به‌تدریج در بستر آن به صورت‌های گوناگون تجمع می‌یابند و با جذب توسط بی‌مهرگان کفزی و انتقال به سطوح غذایی بالاتر، در بدن ماهی‌های تجمع زیستی می‌کنند (Haynes & Johnson, 2000; MAFF^۳, 2000). در این میان ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) که از جمله ماهی‌های اقتصادی و نریتیک خلیج فارس و دریای عمان با رژیم تغذیه‌ای بیشتر گوشت‌خواری است، احتمالاً در معرض انواع آلودگی‌های موجود در رسوبات قرار دارد. از طرف دیگر، نظر به آنکه بستر منابع آبی عمده‌ترین پذیرنده آلودگی است (Widianarko et al., 2000; Vicente-Martorell et al., 2009; Kheirvar, 2011)، می‌توان در نظر گرفت که ماهی شوریده طی حیات خود با آلودگی‌های زیادی مواجه باشد (Shahriari, 2005). با این رویکرد و با توجه به اینکه این آب‌زی ارزش غذایی و تجاری بالایی دارد، لزوم بررسی میزان فلزات سنگین و آگاهی از مقدار آن‌ها به‌منظور کاهش خطرهای ناشی از مصرف این آب‌زی ارزشمند الزامی است. از این‌رو، نتایج حاصل از

1. Polyunsaturated fatty acids

۲. منظور محیط‌های آلوده به ترکیبات شیمیایی است نه میکروبی

3. Ministry of agriculture, fisheries and food

4. Anthropogenic

5. Persistent

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیه نمونه

در این تحقیق ۳۰ عدد ماهی شوریده با وزن تقریبی 18 ± 380 گرم (به‌طور تصادفی) از بین ماهی‌های صیدشده (صید روزانه) و آماده عرضه به بازار بندر ماهشهر واقع در استان خوزستان تهیه شد. نمونه‌ها پس از شست‌وشو، جداگانه درون کیسه پلاستیکی و در جعبه‌های یونولیت حاوی یخ پودر شده (به‌صورت لایه‌های متناوبی از یخ و ماهی با نسبت ۳ به ۱) نگهداری و در کمترین زمان ممکن به آزمایشگاه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. قبل از کالبدشکافی و آماده‌سازی، نمونه‌های ماهی با آب مقطر سرد (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) شست‌وشو داده شدند تا پوشش لزوج و ذرات خارجی جذب‌کننده فلزات از سطح بدن دفع شود. سپس ماهی‌ها تخلیه شکمی، پوست‌کنی و فیله شدند. آنگاه فیله هر ماهی، به‌وسیله چرخ گوشت (پارس خزر، ایران)، به‌صورت هموژن درآمد. برای سنجش عناصری مانند کادمیوم Cd، کروم Cr، مس Cu، سرب Pb، منگنز Mn، روی Zn، نیکل Ni و آهن Fe، مقدار ۲۰ گرم از نمونه هموژن‌شده هر ماهی در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (تقریباً ۴۸ ساعت) خشک شد. سپس نمونه‌ها در هاون چینی کوبیده شدند و به‌صورت پودر درآمدند.

۲.۲. سنجش فلزات سنگین به روش هضم اسیدی

در این روش برای هضم نمونه‌ها از اسید نیتریک غلیظ استفاده شد (Türkmen, 2008). براساس این روش به ۱ گرم از نمونه خشک‌شده، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه و روی حمام بن ماری در درجه حرارت ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد تا نزدیک خشک شدن قرار داده شد (برای هضم کامل، این عمل دوبار انجام شد). بعد از سرد شدن به آن ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱۰ درصد اضافه شد و پس از عبور از کاغذ صافی (Watman 42) با آب مقطر دوبار تقطیر به حجم نهایی ۲۵ میلی‌لیتر رسید. در این تحقیق برای اندازه‌گیری Cd، Cr، Cu، Fe، Mn، Ni و Zn از

دستگاه^۱ ICP-OES (Perkin Elmer-Model Optima 2100DV) استفاده شد. به‌منظور تأیید صحت روش کار، برای هر یک از عناصر مورد بررسی آزمون ریکآوری (spiking) انجام شد که نتایج نشان‌دهنده مناسب بودن بازیابی عناصر مورد نظر به‌وسیله دستگاه‌های مورد استفاده است.

۲.۳. آنالیز آماری

در ابتدا داده‌های به‌دست‌آمده با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال‌سنجی شدند. پس از آن نتایج به‌دست‌آمده به کمک آزمون One Sample T Test با معیارهای استاندارد مقایسه شدند که از سوی سازمان‌های معتبر جهانی نظیر USEPA^۲ و WHO^۳ پیشنهاد شده‌اند. به منظور آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

۳. نتایج

نتایج حاصل از آنالیز بافت عضله ماهی‌های شوریده مورد بررسی درخصوص میزان غلظت هر یک از عناصر مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. در پژوهش حاضر میانگین غلظت کادمیوم، کروم، مس، آهن، منگنز، نیکل، سرب و روی در بافت ماهی شوریده به‌ترتیب ۰/۲۵۰، ۱/۰۲، ۲۵/۳، ۲۱/۷، ۰/۷۵۶، ۱/۹۳، ۰/۴۴۷ و ۳۱/۷ میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری شد. در نمونه‌های مورد بررسی، عناصری مانند روی و کادمیوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین غلظت (مقدار) را داشتند. مقایسه غلظت فلزات سنگین (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) اندازه‌گیری‌شده در بافت عضله ماهی شوریده با سایر ماهی‌های خلیج فارس و سایر مناطق دریایی به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. در جدول ۴، مقادیر حد مجاز در عضله ماهی‌ها در استانداردهای گوناگون (برحسب میکروگرم در هر گرم از وزن تر) به منظور مقایسه با نتایج حاصل از پژوهش حاضر آورده شده است.

1. Inductively coupled plasma- optical emission spectroscopy; ICP-OES

2. United states environmental protection agency

3. World health organization

جدول ۱. مقدار فلزات سنگین در عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*)^{۱ و ۲}

| Cd | Cr | Cu | Fe | Mn | Ni | Pb | Zn | |
|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|---------|
| ۰/۲۵۰ | ۱/۰۲ | ۲۵/۳ | ۲۱/۷ | ۰/۷۶۵ | ۱/۹۳ | ۰/۴۴۷ | ۳۱/۷ | میانگین |
| ۰/۲۱۰ | ۰/۹۷۹ | ۲۳/۰ | ۲۱/۳ | ۰/۷۶۳ | ۱/۸۷ | ۰/۳۹۳ | ۳۰/۲ | میان |
| ۰/۰۸۰ | ۰/۴۹۰ | ۱۵/۴ | ۱۶/۳ | ۰/۳۱۹ | ۰/۹۵۱ | ۰/۱۸۰ | ۱۹/۲ | حداقل |
| ۰/۶۳۰ | ۱/۴۳ | ۳۴/۴ | ۲۹/۵ | ۱/۴۱ | ۲/۸۳ | ۰/۹۴۰ | ۵۳/۵ | حداکثر |

۱. مقادیر اندازه‌گیری شده در ۳۰ نمونه از عضله ماهی شوریده بوده است.

۲. مقادیر ارائه شده برای همه عناصر ذکر شده برحسب میکروگرم در هر گرم از وزن خشک است.

جدول ۲. مقایسه غلظت فلزات سنگین (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله ماهی شوریده با سایر ماهی‌های خلیج فارس*

| Cd | Cr | Cu | Fe | Hg | Mn | Ni | Pb | Zn | گونه ماهی |
|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|----------------------|
| ۰/۰۶۳ | ۰/۳۳۳ | - | - | - | - | ۰/۳۲۲ | ۰/۴۴۲ | - | سورخو (۱) |
| ۰/۰۶۴ | ۰/۰۶۲ | - | - | - | - | ۰/۲۸۴ | ۰/۴۸۰ | - | شوریده (۲) |
| ۱/۴۳ | - | ۱۱/۶ | - | ۰/۶۶۶ | - | ۲/۷۰ | ۴/۴۰ | - | هامور (۳) |
| ۱/۹۰ | - | ۱۰/۴ | - | ۰/۳۰۷ | - | ۲/۹۱ | ۴/۴۱ | - | صافی ماهی (۴) |
| ۲/۷۱ | - | ۱۰/۵ | - | ۰/۳۰۱ | - | ۴/۷۷ | ۴/۳۷ | - | شانک ماهی (۵) |
| ۱/۷۳ | - | ۷/۷۴ | - | ۰/۲۶۷ | - | ۴/۰۳ | ۳/۳۱ | - | گیش ماهی (۶) |
| ۲/۲۷ | - | ۸/۲۱ | - | ۰/۱۳۳ | - | ۳/۰۷ | ۴/۶۱ | - | کوتر (۷) |
| ۳/۶۱ | - | ۹/۵۷ | - | ۰/۴۶۷ | - | ۳/۲۳ | ۵/۷۳ | - | کفشک (۸) |
| ۲/۹۷ | - | ۶/۲۳ | - | ۰/۷۰۱ | - | ۳/۷۱ | ۳/۳۳ | - | قباد (۹) |
| ۴/۲۳ | - | ۶/۵۷ | - | ۰/۰۶۷ | - | ۳/۹۰ | ۶/۳۱ | - | گوآزیم (۱۰) |
| ۰/۲۱۳ | - | ۲/۳۱ | - | ۰/۱۵۳ | - | - | ۰/۹۱۳ | ۷/۰۳ | شانک زردباله (۱۱)** |
| ۰/۲۳۰ | - | ۱/۵۵ | - | - | - | ۰/۶۰۷ | ۰/۳۱۰ | - | شوریده (۱۲) |
| ۰/۱۷۰ | - | ۱/۸۴ | - | - | - | ۰/۶۰۵ | ۰/۶۲۵ | - | قباد (۱۳) |
| ۰/۲۵۰ | ۱/۰۲ | ۲۵/۳ | ۲۱/۷ | ۱/۲۳ | ۰/۷۶۵ | ۱/۹۳ | ۰/۴۴۷ | ۳۱/۷ | شوریده (مطالعه حاضر) |

(1) *Lutjanus russelliusell*; (2) *Otolithes ruber*; (3) *Epinephelus coioides*; (4) *Siganus canaliculatus*; (5) *Argyrops spinyfera*; (6) *Gnathodon speciosus*; (7) *Sphyræna barracuda*; (8) *Pseudorhombus elevatus*; (9) *Scomberomorus guttatus*; (10) *Nemipterus delagoea*; (11) *Acanthopagrus latus*; (13) *Scomberomorus guttatus*.

* شماره‌های ۱ و ۲ از Shahriari (2005)، ۳ تا ۱۰ از Kureishy (1993)، ۱۱ از Hosseinkhezri و Tashkhourian (2011)، ۱۲ و ۱۳ از Dobaradaran و همکاران (2010).

** در خصوص شماره‌های ۳ تا ۱۱، نتایج در منبع مورد استفاده برحسب وزن تر بودند که در اینجا، با پیش فرض آنکه میانگین رطوبت عضله آن‌ها ۷۰ درصد بود، برحسب وزن خشک محاسبه شدند.

جدول ۳. مقایسه غلظت فلزات سنگین (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله ماهی شوریده با ماهی‌های سایر مناطق دریایی

| منطقه جغرافیایی | گونه ماهی | Cd | Cr | Cu | Fe | Hg | Mn | Ni | Pb | Zn |
|-----------------------------|------------------------------------|--------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|
| Caspian Sea, Iran (1) | <i>Huso huso</i> | ۰/۰۰۱ | ۰/۳۸ | ۱/۴۲ | - | ۱/۴۰ | ۱/۰۰ | - | ۰/۰۲۲ | ۲۰/۲ |
| Caspian Sea, Iran (1) | <i>Acipenser persicus</i> | ۰/۰۰۲ | ۰/۳۷ | ۱/۷۴ | - | ۰/۳۳ | ۰/۵۱۱ | - | ۰/۰۰۶ | ۲۱/۷ |
| Caspian Sea, Iran (1) | <i>Acipenser stellatus</i> | <۰/۰۰۱ | ۰/۳۷ | ۱/۵۰ | - | ۰/۶۷ | ۰/۵۲۳ | - | ۰/۰۰۲ | ۲۰/۳ |
| Caspian Sea, Iran (2) | <i>Rutilus frisii kutum</i> | - | ۰/۳۳ | ۱/۰۱ | - | ۰/۱۹ | ۰/۴۵۰ | - | ۰/۰۰۸ | ۱۷/۲ |
| Black Sea, Turkey (3) | <i>Trachurus trachurus</i> | - | ۱/۵۲ | - | ۳۲/۴ | - | ۳/۷۶ | - | ۰/۸۵ | ۱۲/۱ |
| Taihu Lake, China (4) | <i>Cyprinus carpio</i> | ۰/۰۲۱ | nd* | nd | - | - | - | - | ۰/۱۷۷ | ۲۵/۱ |
| Taihu Lake, China (4) | <i>Carassius auratus</i> | ۰/۰۱۳ | ۰/۳۸۷ | ۱/۸۹ | - | - | - | - | ۰/۲۸۷ | ۱۳۰ |
| Taihu Lake, China (4) | <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> | ۰/۰۰۳ | nd | ۰/۳۳۱ | - | - | - | - | ۰/۱۷۹ | ۲۱/۱ |
| Taihu Lake, China (4) | <i>Aristichthys nobilis</i> | ۰/۰۰۴ | nd | ۰/۲۲۸ | - | - | - | - | ۰/۱۷۷ | ۱۶/۱ |
| مطالعه حاضر | <i>Otolithes ruber</i> | ۰/۲۵۰ | ۱/۰۲ | ۲۵/۳ | ۲۱/۷ | ۱/۲۳ | ۰/۷۶۵ | ۱/۹۳ | ۰/۴۴۷ | ۳۱/۷ |

* not detected

(1) Agusa *et al.*, 2004; (2) Anan *et al.*, 2005; (3) Tüzen, 2003; (4) Qiao-qiao *et al.*, 2007.

جدول ۴. مقادیر حد مجاز در عضله ماهی‌ها در استانداردهای گوناگون (برحسب میکروگرم در هر گرم از وزن تر)

| | Zn | Pb | Ni | Mn | Hg | Fe | Cu | Cr | Cd |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|-------|-------|
| ماهی شوریده | ۹/۱۳ | ۰/۱۲۹ | ۰/۵۵۶ | ۰/۲۲۰ | - | ۶/۲۵ | ۷/۲۹ | ۰/۲۹۴ | ۰/۷۲۰ |
| استانداردها | | | | | | | | | |
| WHO ^a | ۱۰۰ | ۱/۵ | ۰/۰۵ | ۵/۴ | ۰/۵ | - | ۱۰ | ۱۰ | ۰/۲ |
| MAFF ^b | ۵۰ | ۲ | - | - | ۰/۳ | - | ۲۰ | - | ۰/۲ |
| USEPA ^c | ۱۵۰ | ۴ | ۱ | - | ۰/۵ | - | ۱۲۰ | ۸ | ۰/۲ |
| ANHMRC ^d | ۱۵۰ | ۱/۵ | - | - | - | - | ۲۰ | - | ۰/۰۵ |
| New Zealand ^e | ۴۰ | ۲ | ۱ | - | - | - | ۳۰ | - | ۱ |
| Germany | - | ۰/۵ | - | - | ۱ | - | - | - | ۰/۵ |

^a World Health Organization (Pourang *et al.*, 2005); ^b Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK); MAFF (2000); ^c United states EPA (Mishra *et al.*, 2007); ^d Australian National Health and Medical Research Council (Pourang *et al.*, 2005); ^e Vicente-Martorell *et al.*, 2009; ^f Merian, 1991.

۴. بحث و نتیجه گیری

تحقیقات نشان می‌دهد که فلزات گوناگون در اندام خاصی از بدن آبزی بیش از سایر اندام‌ها تجمع می‌یابند (Calnli & Atli, 2003). مطالعات نشان می‌دهد که در خصوص برخی از فعالیت‌ها، بافت کبد از شدت فعالیت‌های متابولیکی بالاتری در مقایسه با بافت عضله (مانند تنظیم ترکیبات فلزی) برخوردار است، بنابراین احتمال تجمع فلزات سنگین در آن بیشتر است. اما این اندام در آب‌زیان مصرف خوراکی ندارد و نظر به اینکه بافت عضله آب‌زیان خوراکی نقش مهمی در تغذیه انسانی دارد، لزوم بررسی غلظت آلاینده‌ها و اطمینان از سالم بودن آن‌ها بیشتر مورد توجه است. از همین رو در پژوهش حاضر بافت خوراکی (عضله) ماهی شوریده بررسی شده است.

مطالعات مقایسه‌ای نشان می‌دهد که فلز روی اندازه‌گیری شده در نمونه ماهی‌های مورد بررسی بالاتر از مقادیری است که سایر محققان در خصوص میزان این فلز در ماهی‌های خلیج فارس و سایر اکوسیستم‌های آبی گزارش کرده‌اند (جدول‌های ۲ و ۳). هر چند چنین مقایسه‌ای در مطالعات این‌چنینی انجام می‌پذیرد، به واسطه وجود تفاوت در میزان ورود آلاینده‌ها به اکوسیستم آبی، نوع گونه مورد بررسی و همچنین تفاوت در نوع رژیم غذایی و زیست‌گاه (جایگاه زندگی در ستون آب) نمونه‌های مورد بررسی، تفاوت‌های فاحش مشاهده شده را می‌توان تفسیر کرد. از طرف دیگر، Widianarko و همکاران (2000) اعلام کردند که فلز روی یک عنصر بیولوژیکی ضروری است که در بدن ماهی در غلظت معینی تنظیم و نگهداری می‌شود و تنظیم‌کننده بدن شناخته شده است. وجود اختلاف سطح در مقادیر روی اندازه‌گیری شده (۱۹/۲ تا ۵۳/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) در ماهی‌های شوریده مورد بررسی ممکن است به علت عملکردهای فیزیولوژیکی مربوط به جنس باشد (KrumholzPedersen, 1994)، زیرا در تحقیق حاضر ماهی‌ها صرف نظر از جنس بررسی شده‌اند.

در این مطالعه، متوسط غلظت فلز مس در بافت عضله ماهی شوریده ۲۵/۳ میکروگرم در گرم وزن

خشک بوده است. در مطالعه Khayrvar (2010) که در بافت عضله ماهی شیریت (*Barbus grypus*) صید شده در ناحیه اروندرود انجام گرفت، مقدار این فلز ۲/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد که از مقدار آن در ماهی شوریده بسیار کمتر است. از طرف دیگر، براساس مطالعات انجام شده محدوده غلظت مس در ماهی‌های خلیج فارس ۱/۵۵ تا ۱۱/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک تعیین شده است (جدول ۲). تفاوت در مقادیر اندازه‌گیری شده در ماهی‌های گوناگون با نتایج پژوهش حاضر ممکن است به عوامل چندی از جمله گونه و اندازه ماهی، رژیم غذایی و محیط زیست آن‌ها مربوط باشد، زیرا هر یک از موارد ذکر شده ممکن است در تجمع فلزات سنگین در ماهی تأثیر بگذارد (Calnli & Atli, 2003).

سرب یکی از ترکیبات مهم نفت است که می‌تواند نشان‌دهنده میزان آلودگی نفتی باشد. نتایج نشان داد که میانگین این فلز در بافت خوراکی بافت ماهی شوریده به میزان ۰/۴۴۷ میکروگرم در گرم است. در پژوهش‌هایی که Shahriari (2005) و Dobaradaran و همکاران (2010) انجام دادند، غلظت سرب در بافت عضله ماهی شوریده به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۳۱۰ میکروگرم در وزن خشک اندازه‌گیری شد. از طرف دیگر محدوده غلظت فلز سرب در ماهی‌های خلیج فارس ۰/۳۱-۰/۳۱۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شده است (جدول ۲) و نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر بیانگر آن است که غلظت اندازه‌گیری شده در محدوده مورد اشاره قرار دارد. از طرف دیگر، مقایسه ارقام نتایج آزمایش‌های حاصل از این تحقیق با تحقیقات انجام شده در دریای خزر نیز نشان می‌دهد که غلظت سرب در ماهی‌های دریای خزر با میانگین ۱/۰۴ میکروگرم بر حسب وزن خشک ماهی حدود دو و نیم برابر غلظت اندازه‌گیری شده در ماهی شوریده است. بالاتر بودن میزان سرب در ماهی‌های دریای خزر ممکن است به آلودگی بیشتر دریای خزر (به دلیل ورود گسترده فاضلاب‌های شهری، صنعتی و به ویژه کشاورزی به داخل دریا) و همچنین مسدود بودن دریا و متصل نبودن به آب‌های آزاد مربوط باشد. ضمن اینکه روش‌های متفاوت هم

مستقیماً وارد منطقه می‌شود. این عوامل حجم وسیعی از فلزات را وارد منطقه کرده و باعث آلودگی منطقه مطالعاتی شده است.

در این بررسی کمترین مقدار تجمع عناصر در بافت گونه مورد مطالعه، مربوط به فلز کادمیوم بود (جدول ۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد محدوده غلظت فلز کادمیوم در ماهی‌های خلیج فارس ۴/۲۳-۰/۰۶۳ برحسب میکروگرم در هر گرم از وزن خشک است (جدول ۲) که بیانگر وجود سطح پایینی از کادمیوم در ماهی‌های شوریده مورد بررسی است. پایین بودن آلودگی به کادمیوم در نمونه‌های مورد بررسی احتمالاً به توانایی آن‌ها در تنظیم مقدار کادمیوم مربوط است. ماهی‌های با اتصال کادمیوم به متالوپروتین‌ها به شکل متالوتیونین از طریق موکوس آبشش‌ها آن‌ها را دفع می‌کنند (Vas et al., 1993). فلز کادمیوم برای ماهی غیرضروری است و در صورت ورود به بدن ماهی به‌طور عمده در آبشش، کلیه و به میزان کمتری در کبد تجمع می‌یابد (Gardner & Yevich, 1970). البته این اندام‌ها جنبه خوراکی ندارند ولی تجمع کمتر آن در بافت عضله باید پیوسته مورد بررسی و توجه قرار گیرد. اصولاً به‌دلیل تأثیرات متعدد و مضر فلزات سنگین بر سلامتی مصرف‌کننده، مطالعات متعددی در خصوص آن‌ها صورت گرفته است. تحقیقات نشان داده است که مصرف آب‌زیان یکی از عمده‌ترین مسیره‌های ورود چنین عناصر خطرناکی به بدن انسان است. همان‌طور که از نتایج حاصل از پژوهش حاضر مشهود است، مقادیر این عناصر در ماهی شوریده نسبتاً بالاست. این وضعیت با توجه به جایگاه زیست ماهی شوریده (نزدیک بستر) و از آنجا که رسوبات مهم‌ترین پذیرنده فلزات سنگین در منابع آبی‌اند، توجیه‌پذیر است (به‌جز مسائل مربوط به تفاوت‌های فیزیولوژیک). از طرف دیگر تفاوت‌های مشاهده‌شده بین مقادیر برخی از عناصر اندازه‌گیری‌شده در پژوهش حاضر با سایر ماهی‌ها (جدول‌های ۲ و ۳) ممکن است به عوامل دیگری همچون مقدار آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی و رفتار تغذیه‌ای و مهاجرتی آن‌ها نیز مربوط باشد (Anan et al., 2005). به‌طور کلی ارتباط بین فاکتورهای رشد با تجمع فلزات در ماهی‌ها به عوامل متعددی از قبیل عملکرد ویژه فلز در بافت مورد نظر،

شیمیایی نمونه‌ها، نوع گونه‌های ماهی و نوع بافت مورد آزمایش نیز ممکن است در نتایج آزمایش دخالت داشته باشد (Agusa et al., 2004; Anan et al., 2005; Petrov, 2002).

به‌طور متوسط مقدار فلز کروم در بافت عضله ماهی شوریده به میزان ۱/۰۲ میکروگرم در گرم وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. در مطالعات انجام‌شده در آب‌های خلیج فارس مقدار کروم در بافت ماهی سرخو و شوریده به ترتیب ۰/۳۳۳ و ۰/۰۶۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شده است (Shahriari, 2005). کروم به همراه عناصری مانند جیوه، نیکل و غیره نماینده گروهی از مواد بسیار سمی اند که در بافت‌های موجودات دریایی تجمع می‌یابند و از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می‌شوند؛ بنابراین در میان آلاینده‌های معدنی سزاوار توجه ویژه‌ای می‌طلبند.

در بررسی حاضر، غلظت متوسط نیکل در عضله ماهی شوریده ۱/۹۳ میکروگرم در هر گرم از وزن خشک بود که در مقایسه با پژوهش Shahriari (2005) مقدار آن بالاتر است (جدول ۲). از آنجا که فلز نیکل نشان‌دهنده آلودگی نفتی (آلودگی بسیار متداول در خلیج فارس) محسوب می‌شود، افزایش مقدار این عنصر در مقایسه با مطالعات گذشته می‌تواند نشان‌دهنده افزایش میزان این آلاینده در ناحیه باشد. باید دانست که به‌طور کلی وجود صنایع گوناگون در منطقه و تخلیه پساب‌های صنعتی (که حاوی انواع فلزات سنگین‌اند) به رودخانه‌های منطقه (و در نهایت به رسوبات سواحل اطراف محل اتصال رودخانه به خلیج فارس) از مهم‌ترین دلایل بالا بودن غلظت سرب و نیکل در ماهی‌های منطقه است. از دیگر دلایل بالا بودن غلظت فلزات مذکور در منطقه مورد مطالعه حضور صنایع دریایی بزرگ، استفاده از رنگ‌های صنعتی از جمله رنگ‌های ضدزنگ برای کشتی‌ها و شناورهای دریایی به‌منزله جلبک‌کش و ماده پوششی محافظ چوب، نقل و انتقال فرآورده‌های نفتی، فعالیت گسترده شناورهای تجاری و نظامی و همچنین عملیات اسکراب (قطعه‌قطعه کردن کشتی) است که به تخریب کامل مخازن نگهداری روغن و مواد سوختی منجر می‌شود و پساب این صنایع نیز

فیزیولوژیکی موجودات مورد بررسی باشد. از پژوهش Kress و همکاران (1998) نیز نتیجه مشابهی به دست آمد. از طرف دیگر، تفاوت‌های مشاهده شده بین مقدار تجمع فلزات در آبزیان در مطالعات گوناگون (جدول ۲ و ۳) ممکن است ناشی از نوع گونه مورد بررسی، نوع بافت، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و نیز روش‌های متفاوت هضم شیمیایی باشد (Shahriari, 2005).

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که به استثنای نیکل و کادمیوم، تمامی فلزات مورد بررسی در عضله ماهی شوریده از حد مجاز تعیین شده از سوی سازمان‌های معتبر جهانی (WHO، MAFF، USEPA، ANHMRC^۱، New Zealand؛ جدول ۴) کمتر است. اما با توجه به اینکه برخی از فلزات خطرناک‌تر به حد اعلام شده نزدیک‌اند، باید در دفعات مصرف این گونه آبزی ارزشمند دقت لازم مبذول شود تا از بروز مخاطرات ناشی از ورود بیش از حد چنین فلزات سنگینی به مصرف‌کننده جلوگیری شود.

روابط متقابل فاکتورهای بیوشیمیایی بافت مورد نظر با عوامل زیستی، تأثیر افزایش رشد بافت (خاصیت رقیق‌کنندگی غلظت فلزات) و نرخ متابولیسم گونه مورد نظر، نیمه عمر فلزات و در دسترس بودن فلز در زیست‌گاه بستگی دارد (Langston & Spence, 1995). در مطالعه حاضر بیشترین مقدار فلزاتی که در بافت عضله ماهی شوریده اندازه‌گیری شد مربوط به فلزاتی مانند نیکل، منگنز، آهن، مس و کروم بود. بررسی محتویات روده ماهی شوریده نشان داد که این ماهی دارای رژیم غذایی گوشت‌خواری است (Bandani *et al.*, 2011) و تغذیه آن از آبزیان آلوده ممکن است از جمله عوامل افزایش عناصر سنگین در بدن این گونه باشد. از آنجا که برخی از گروه‌های گیاهی و جانوری مانند سخت‌پوستان و نرم‌تنان قابلیت بالایی برای تجمع فلزات و دیگر آلاینده‌ها دارند، این مواد می‌توانند در نقش مواد غذایی سبب انتقال فلزات به بدن دیگر آبزیان شوند. از همین رو می‌توان نتیجه گرفت که این اختلافات ممکن است ناشی از عادات غذایی و حالات

Reference

- from Arvandroud," *Environmental Science and Technology*, 12(2): 123-131. (in Persian)
- Krumholz, L. A. and Pedersen, B (1994) "Reproduction in the western mosquito fish, *Gambusia affinis* (Baird & Girard), and its use in mosquito control," *Ecological Monographs*, 18:1-43.
 - Kureishy, T. W (1993) "Concentration of heavy metals in marine organisms around Qatar before and after the Gulf War oil spill," *Marine Pollution Bulletin*, 27: 183-186.
 - Langston, W. J. and Spence, S. K (1995) "Biological factors involved in metal concentrations observed in aquatic organisms," In: (A. Tessier & D.R. Turner eds.), *Metal speciation and bioavailability in aquatic systems*, New York, John Wiley, 407-478.
 - MAFF (2000) "Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1997," In: *Aquatic Environment Monitoring Report No. 52*. Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK.
 - Merian, E (1991) *Metals and their Compounds in the Environment Occurrence, Analysis and Biological Relevance*, Weinheim: VCH 704.
 - Mishra, S., Bhalke, S., Saradhi, I. V., Suseela, B., Tripathi, R. M., Pandit, G. G. and Puranik, V. D (2007) "Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai," *Chemosphere*, 69: 972-978.
 - Qiao-qiao, C., Guang-wei, Z. and Langdon, A (2007) "Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China," *Journal of Environmental Sciences*, 19:1500-1504.
 - Petrov, E.A (2002) "Elevated concentrations of trace elements in Caspian seals (*Phoca caspica*) found stranded during the mass mortality events in 2000," *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42: 354-362.
 - Pourang, N., Dennis, J. H. and Ghourchian, H (2005) "Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage," *Environmental Monitoring and Assessment*, 100(1-3), 71-88.
 - Shahriari, A (2005) "Determination of cadmium, chromium, lead and nickel in edible tissues of Tiger-Toothed Croaker and Russels snapper from Arvandroud," *Environmental Science and Technology*, 12(2): 123-131. (in Persian)
 - Agah, H., Leermakers, M., Gao, Y., Fatemi, S. M. R., Mohseni Katal, M., Baeyens, W., and Elskens, M (2010) "Mercury accumulation in fish species from the Persian Gulf and in human hair from fishermen," *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 203-216.
 - Agusa, T., Kunito, T., Tanabe, S., Pourkazemi, M. and Aubrey, D. G (2004) "Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea," *Marine Pollution Bulletin*, 49: 789-800.
 - Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov I. and Aubrey, D (2005) "Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea," *Marine Pollution Bulletin*, 51: 882-888.
 - Bandani, Gh. A. Khoshbavar-Rostami, H. A. Yelghi, S. Shokrzadeh, M. and Nazari H (2011) "Concentration of heavy metals (Cd, Cr, Zn, and Pb) in muscle and liver tissues of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from coastal waters of Golestan Province," *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 19(4): 1-10. (in Persian)
 - Calnli M. and Atli G (2003) "The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species," *Environment Pollution*, 121:129-136.
 - Dobaradaran, S., Naddafi, K, Nazmara, S. and Ghaedi, H (2010) "Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran," *African Journal of Biotechnology*, 9(37): 6191-6193. (in Persian)
 - Gardner, G. R. and Yevich, P. P (1970) "Histological and hematology responses of an estuarine teleost to cadmium," *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 27:2185-2196.
 - Hashim A. A., Jalal, A., Ismail, M. M. and Dhabia, A (1996) "Heavy metals in the grouper fish *Epinephelus coioides* from the coast of Bahrain: an assessment of monthly and spatial trends. International Journal of Environmental Studies, 50 (3-4): 237-246.
 - Haynes, D. and Johnson, J. E (2000) "rganochlorine, Heavy Metal and Polyaromatic Hydrocarbon Pollutant Concentrations in the Great Barrier Reef (Australia) Environment: a Review," *Marine Pollution Bulletin*, 41(7-12): 267-278.
 - Kheirvar, N (2011) "Determination heavy metal content in sediment and Shirbot (*Barbus grypous*)

- Atlantic,” *Marine Pollution Bulletin*, 26(11): 607-612.
24. Vicente-Martorell, J. J., Galindo-Riaño, M. D., García-Vargas, M., Granado-Castro, M. D (2009) “Bioavailability of heavy metals monitoring water, sediments and fish species from a polluted estuary,” *Journal of Hazardous Materials*, 162: 823–836.
25. Widianarko, B., Van Gestel, C. A. M., Verweij, R. A. and Van Straalen, N. M (2000) “Associations between trace metals in sediment, water and guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia,” *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46:101-107.
- from Persian Gulf in 1382,” *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*, 2 (7): 65-67. (in Persian)
21. Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y. and Ates, A (2009) “Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas,” *Food Chemistry*, 113: 233–237.
22. Tüzen. M (2003) “Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry,” *Food Chemistry*, 80: 119–123.
23. Vas, P., Gordon, J. M., Fielden, P. R. and Vernell, J (1993) “The trace metal ecology of Ichthyofauna in Rockal through, North – Eastern