

بررسی غلظت فلزات سنگین (آهن، روی، مس و کادمیم) در بافت‌های مختلف ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) در نواحی جنوبی دریای خزر

• علیرضا جاوید گلشن آباد (نویسنده مسئول)

کارشناس ارشد شیمی دریا، دانشگاه مازندران

• حسن تقوی جلودار

استادیار گروه بیولوژی دریا، دانشگاه مازندران

• محمد امجدی

دانشیار گروه شیمی تجزیه، دانشگاه تبریز

• حسن فضلی

دانشیار گروه شیلات، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: مهرماه ۱۳۹۲

Email: alirezajavidgolshan@gmail.com

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین آهن، روی، مس و کادمیم در بافت‌های عضله، پوست، گناد و آبشش ماهی کلمه در نواحی جنوبی دریای خزر و در دو ایستگاه ساری و بندر ترکمن انجام شد. بدین منظور نمونه برداری به صورت فصلی (پاییز و زمستان ۱۳۹۲) صورت گرفت. پس از آماده‌سازی و جداسازی بافت‌ها، غلظت عناصر، در بافت‌های جدا شده از ۳۷ نمونه ماهی کلمه (۲۰ نمونه در فصل پاییز و ۱۷ نمونه در فصل زمستان) پس از هضم تر، با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد در بین بافت‌های مورد مطالعه، میانگین غلظت عناصر آهن و روی در آبشش حداکثر و در عضله حداقل است اما میانگین غلظت مس در گناد حداکثر و در عضله حداقل و کادمیم هم در عضله حداکثر و در گناد حداقل است. در کل بالاترین میانگین غلظت در بین تمامی بافت‌ها در مورد عنصر آهن (۳۱۹/۹۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد و غلظت آهن به ترتیب بیش‌تر از روی، مس و کادمیم بود. بین میزان تجمع فلزات آهن، روی، مس و کادمیم در بافت‌های عضله، پوست، گناد و آبشش اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0/05$). آهن در عضله و پوست اختلاف معنی‌داری داشت ($p < 0/05$)، اما اختلاف آن در پوست و گناد معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). کادمیم نیز در عضله و پوست اختلاف معنی‌داری نداشت، اما اختلافش در عضله و گناد معنی‌دار بود. مقادیر به دست آمده با مقادیر استاندارد این عناصر، ارائه شده از سوی سازمان‌های بهداشت جهانی، خواربار و کشاورزی ملل متحد و وزارت کشاورزی، ماهیگیری و غذای انگلستان مقایسه شد که در مورد عنصر روی، میانگین غلظت آن در بافت آبشش از استانداردها بالاتر بود. در مورد کادمیم نیز میانگین غلظت آن در بافت‌های عضله، پوست و آبشش از استانداردها بالاتر به دست آمد. با توجه به سمی بودن کادمیم و بالا بودن میزان آن در بافت عضله ماهیان، توصیه می‌شود از آن‌ها استفاده نگردد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، آهن، روی، مس، کادمیم، ماهی کلمه، جذب اتمی شعله‌ای

● Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 107 pp: 9-16

Survey of heavy metals concentrations (Fe, Zn, Cu and Cd) in various tissues of Caspian Roaches (*Rutilus rutilus caspicus*) in the southern part of Caspian Sea

By: Golshanabad, A. (Corresponding Author) MSc Expert of Mazandaran University. Taghavi Jelodar, H., Assistant professor of Mazandaran University, Amjadi, M., Associate professor of Tabriz University, Fazli, H., Associate professor of Caspian Sea Ecology Research Center.

Received: July 2013 Accepted: July 2013

Email: alirezajavidgolshan@gmail.com

This study investigates the presence of heavy metals such as iron, zinc, copper and cadmium in muscle, skin, gonad and gill tissues of fish (*Rutilus rutilus caspicus*) in two sites in Sari and Turkmen Seaport of Southern part of Caspian Sea. Samples were collected in autumn 2013 and winter 2014. After preparation and parting of tissues, concentration of heavy metals were determined in tissues of 37 samples (20 samples in autumn and 17 samples in winter) following wet digestion using Flame Atomic Absorption Spectrophotometry. The results of this study showed that the average concentrations of iron and zinc were at maximum in gill and at minimum in muscle. However the average concentrations of copper were at maximum in gonad and at minimum in muscle and the average concentrations of cadmium were at maximum in muscle and at minimum in gonad. Iron concentrations were shown to be higher than those of zinc, copper and cadmium in various organs of fish. Accumulation of iron, zinc, copper and cadmium in muscle, skin, gonad and gill was highly significant between them ($P < 0.05$). Concentrations of iron in muscle and skin were significantly different ($P < 0.05$), unlike those in skin and gonad ($P > 0.05$). Concentrations of cadmium in muscle and skin were not significantly different, unlike those in muscle and gonad. These values were compared with the WHO and the FAO and UK (MAFF) safety standards regarding the amount of the above mentioned heavy metals in fish tissues. Based on the results of this study, the average concentrations of zinc in the gill tissues proved to be higher than international standards. The average concentrations of cadmium in the muscle, skin and gill tissues proved to be higher than international standards. It is recommended not to use these fish due to the toxicity and high levels of cadmium in their muscle tissues.

Key words: Heavy metals, iron, zinc, copper, cadmium, Caspian roach, Flame Atomic Absorption

مقدمه

(Pb) و جیوه (Hg) حتی در مقادیر اندک سمی و خطرناک می باشند (Alturqi and Albedir, 2012). این عناصر طبق قوانین اتحادیه ی اروپا جزء فلزات کاملاً سمی هستند (EC, 2001). برای یک متابولیسم نرمال، ماهی ها و موجودات زنده باید فلزات ضروری را از آب، غذا و رسوبات به دست آورند (ztürk, Özözen, Minareci, O., Minareci, E., 2009). در حالی که مشابه فلزات ضروری، فلزات غیرضروری و سمی هم به وسیله ی جانداران جذب می شوند و در بافت های مختلف، با غلظت های متفاوت تجمع می یابند (Al-Weher, 2008). در سال های اخیر توجه بسیاری بر روی غلظت فلزات سنگین در ماهی ها برای بررسی میزان ضرر و زیان آن ها بر روی سلامتی انسان متمرکز شده است، زیرا ماهی ها می توانند به عنوان یکی از مهم ترین نشانگرهای زیستی برای تخمین سطوح آلودگی به فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی باشند (Alturqi and Albedir, 2012; ztürk et al., 2009).

به عنوان مثال در پژوهشی تقوی و همکاران (Taghavi Jelodar, Sharifzadeh Baei, Najafpour, Fazli, 2011) غلظت فلزات سنگین آهن،

توسعه سریع صنعت و کشاورزی باعث افزایش آلودگی اکوسیستم های آبی به خصوص رودخانه ها و دریاچه ها با فلزات سنگین می شود. فلزات سنگین از آب های آلوده به رودخانه ها وارد شده و در نهایت به دریاها و دریاچه ها می رسند (Yi and Zhang, 2012). این فلزات سمی و تجزیه ناپذیر بوده و دارای قابلیت تجمع و بزرگنمایی زیستی در ارگانسیم های زنده هستند و از طریق زنجیره ی غذایی به انسان ها منتقل شده و باعث صدمات و بیماری های متعددی می شوند (Eisler, 1988; Ikem and Ad sa, 2011). میکروارگانسیم ها بر خلاف آلاینده های آلی، نمی توانند فلزات سنگین را به صورت شیمیایی و زیستی احیا کنند (Abdelrahim, Elhadi, Mohamed, 2011). عناصری همچون مس (Cu)، روی (Zn)، آهن (Fe)، کروم (Cr)، نیکل (Ni) و منگنز (Mn) عناصر ضروری هستند که دارای نقش مهمی در سیستم های بیولوژیکی هستند (Yi and Zhang, 2012). این عناصر در غلظت های پایین مفید بوده و در غلظت های بالا به صورت سمی و مضر برای محیط زیست می باشند اما عناصر کادمیم (Cd)، سرب

و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی قرار گرفته اند (شکل ۱).

بنا بر اهمیت موضوع، اندازه گیری و بررسی میزان وجود عناصر فلزات سنگین (آهن، روی، مس و کادمیم) در بافتهای عضله، پوست، گناد و آبشش ماهی کلمه انجام شد.

مواد و روش ها

نمونه برداری بصورت تصادفی از منطقه حوضه شیلات ساری و بندر ترکمن از پره های مختلف، بصورت فصلی (پاییز و زمستان) انجام گرفت. در فصل پاییز ۲۰ نمونه از هر منطقه ۱۰ قطعه و در فصل زمستان ۱۷ نمونه که ۱۰ قطعه از حوضه شیلات بندر ترکمن و ۷ قطعه از حوضه شیلات ساری گرفته شد. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا کاملا با آب مقطر دو بار تقطیر شده، شستشو داده و با استفاده از روش تشریح ماکروسکوپی تعیین جنسیت شدند (۲۰ نمونه نر، ۱۷ نمونه ماده) سپس از هر قطعه ماهی، از بافتهای عضله، پوست، گناد و آبشش نمونه تهیه شده و با آب مقطر کاملا شستشو داده و در بسته های مشخص تا انجام آزمایش بعدی منجمد گردید.

هضم نمونه ها

برای هضم نمونه ها، از روش هضم تر استفاده شد. بدین منظور ارگان های ماهیان دوباره با آب مقطر کاملا شسته شدند. 4g از هر نمونه در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. ۱g از هر نمونه خشک شده، داخل ارلن مایرهای ۱۰۰ ml ریخته شده و روی هر کدام ۵ ml هیدروژن پراکسید (H₂O₂) و ۱۰ ml نیتریک اسید غلیظ (HNO₃) اضافه شد. هضم نمونه ها در ظروف داغ در دمای ۲۰۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت و زیر هود تا شفاف شدن نمونه ها انجام شد. سپس با عبور محلول های بدست آمده از کاغذ صافی، محلول های

مس، کادمیم، نیکل، کروم، سرب و روی را در بافت کبد، آبشش و ماهیچه ماهی کفال طلائی (*Liza aurata*) که از قسمت جنوبی دریای خزر جمع آوری شده بودند، اندازه گیری کردند. غلظت فلزات مس، کادمیم، آهن و روی در ماهیچه > آبشش > کبد در حالی که غلظت نیکل، کروم و سرب در ماهیچه > کبد > آبشش بدست آمدند.

طی پژوهشی دیگر لئونگ و همکاران (Leung et al., 2014)، غلظت فلزات و شبه فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیم، نیکل، روی، کروم، مس و منگنز را در بافت خوراکی (عضله) ۱۱ گونه ماهی (*Oreochromis mossambicus*)، (*Ctenopharyngodon idellus*)، (*Aristichthys nobilis*)، (*Siniperca kneri*)، (*Channa asiatica*)، (*Micropterus salmoides*)، (*Lutjanus griseus*)، (*Lutjanu stellatus*)، (*Trachinotus (Epinephelus) coioides (blochii)*)، اندازه گیری کردند که در کل نمونه ها، محدوده غلظت ها به صورت As (۱/۵۳-۰/۰۳)، Pb (۸/۶۲-۰/۰۳)، Cd (۰/۰۲-۰/۰۶)، Ni (۹/۷۵-۰/۴۴)، Zn (۱۵/۷-۲۹/۵)، Cr (۰/۲۲-۰/۶۵)، Cu (۲/۲۶-۰/۷۹) و Mn (۶/۹۱-۰/۸۲) میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر به دست آمد.

برای مقایسه، میزان فلزات سنگین در بافت های مختلف اندازه گیری می شود اما قسمتی که دارای اهمیت است، حضور این فلزات در بافت عضله ماهی است. چون این قسمت به دلیل مصرف خوراکی قابلیت انتقال به انسان را داشته و از نظر بهداشت عمومی و سلامت افراد از جایگاه ویژه ای برخوردار است.

منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد بررسی و مطالعه عبارت از حوضه شیلاتی ساری (لاریم تا گوهرباران) و بندر ترکمن (شرق بندر امیرآباد تا عاشوراده) بودند. ساری در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی، بندر ترکمن نیز در طول جغرافیایی ۵۳ درجه



شکل ۱- موقعیت ایستگاه های نمونه برداری

آماده اندازه گیری داخل ارلن مایرهای کاملا تمیز جمع گردید (Oguzie and Izerbigie, 2009).

تهیه محلول های استاندارد

محلول های استاندارد فلزات ذکر شده از نمک های نیترات خالص مربوطه ساخت شرکت مرک آلمان تهیه گردید و پس از رسم نمودار کالیبراسیون، توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله (FAAS) ساخت شرکت شیمادزو (Shimadzu) مدل AA670G میزان غلظت هر فلز بدست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS و Excel استفاده شد.

نتایج

برای بررسی صحت روش انتخابی، غلظت فلزات مذکور، در نمونه استاندارد صدف اویستر (Oyster Tissu, 1566b) اندازه گیری شد، بدین منظور دقیقا مقدار 1 g از بافت صدف توسط ترازوی دیجیتال ساخت شرکت شیمادزو با دقت 0/001 توزین شد. نمونه صدف نیز توسط روش هضم پیشنهادی، هضم و آماده اندازه گیری شد. که پس از اندازه گیری غلظت ها، نتایج حاصله صحت روش را تایید کرد (جدول ۱).

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS و همین طور نتایج تست آماری Kruskal-Wallis نشان دادند که بین میزان

جدول ۱- مقایسه مقادیر مشاهده شده و واقعی در نمونه استاندارد صدف

Recovery %	Certified Mass fraction values	Mean±SE	عنصر
۱۰۴,۶۶	۲۰۵,۸±۶,۸	۲۱۵,۳۸±۱۷,۸۰	Fe
۱۰۱,۷۱	۱۴۲۴±۴۶	۱۴۴۸,۳۱±۷,۹۲	Zn
۹۸,۳۱	۷۱,۶±۱,۶	۷۰,۳۹±۲,۸۵	Cu
۱۰۴,۹۰	۲,۴۸±۰,۰۸	۲,۶۰±۰,۵۳	Cd

ترتیب غلظت این عنصر در بافت ها نیز به صورت عضله < پوست < آبشش < گناد بود.

میانگین غلظت عناصر در بافت های مورد مطالعه، به تفکیک فصول نمونه برداری در جدول ۳ آمده است. بنا بر نتایج به دست آمده در بافت عضله و پوست غلظت عناصر آهن و کادمیم در فصل زمستان نسبت به فصل پاییز کاهش یافته اما غلظت عناصر مس و روی افزایش یافته اند. در بافت آبشش و در فصل زمستان نسبت به فصل پاییز غلظت تمام فلزات کاهش یافته، در بافت گناد نیز همین روند به جز فلز مس مشاهده می شود.

بحث

دریای خزر به عنوان یک محوطه زیست محیطی بسته و بدون خروجی می باشد، لذا آلاینده های خطرناک و سمی همچون فلزات سنگین به علت نشت از حوضه های صنعتی ساحلی و همچنین حوضه های صنعتی دور از ساحل و همینطور عوامل طبیعی مانند ریزش های جوی (گرد و غبارهای حاوی فلزات سنگین ناشی از فرسایش خاک ها و صخره ها و نیز آتش سوزی جنگل ها، توسط ریزش های جوی وارد اکوسیستم های آبی می شوند و نیز نزولات جوی به دو دلیل حجم زیاد و پخش شدن همه جانبه، از عوامل اصلی طبیعی ورود فلزات سنگین به اکوسیستم های آبی می باشد)، در این دریا تجمع می یابند، که این امر خود از دلایل عمده آلودگی ارگانیک های زنده به خصوص ماهی ها می باشد. بیشتر اندام های ماهیان در برابر مسمومیت با فلزات سنگین حساس اند. فلزات سنگین پس از ورود به بدن در اندام های مختلف توزیع می شوند. میزان این انتشار در اندام ها به عواملی مانند نیاز غذایی بدن ماهی به عنصر مورد نظر (آهن،

تجمع فلزات آهن، روی، مس و کادمیم در بافت های عضله، پوست، گناد و آبشش اختلاف معنی داری وجود دارد ($p < 0/05$). همچنین نتایج تست آماری Mann-Whitney U نشان دادند آهن در عضله و پوست اختلاف معنی داری دارد ($p < 0/05$)، اما اختلاف آن در پوست و گناد معنی دار نیست ($p > 0/05$). اختلاف غلظت روی در عضله و گناد معنی دار، اما اختلاف آن در پوست و گناد معنی دار نیست. اختلاف غلظت مس در بافت های مختلف معنی دار می باشد. کادمیم نیز در عضله و پوست اختلاف معنی داری ندارد، اما اختلاف در عضله و گناد معنی دار می باشد. بر اساس تفکیک جنسیتی هم در بافت گناد، در بیضه و تخمدان عناصر مس و کادمیم اختلاف معنی داری ندارند ($p > 0/05$) اما در مورد عناصر آهن و روی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0/05$).

میانگین، حداقل و حداکثر غلظت هر یک از عناصر در بافت های مختلف در جدول ۲ آمده است. طبق نتایج به دست آمده، در کل بالاترین میانگین غلظت در بین تمامی بافت ها در مورد عنصر آهن (۳۱۹/۹۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد. در کل، ترتیب زیر در مورد عناصر مورد مطالعه در بافت های مختلف مشاهده شد: آهن < روی < مس < کادمیم.

در مورد عنصر مس بیش ترین میانگین غلظت در بافت گناد مشاهده گردید. ترتیب غلظت ها در مورد عنصر مس و در بافت های مختلف به صورت گناد < آبشش < پوست < عضله می باشد.

بیش ترین میانگین غلظت عناصر روی و آهن در بافت آبشش مشاهده شد. در کل ترتیب آبشش < پوست < گناد < عضله در مورد غلظت عناصر روی و آهن در بافت های مختلف به دست آمد.

بالاترین میانگین غلظت کادمیم نیز در بافت عضله مشاهده گردید.

جدول ۲- میانگین، حداقل و حداکثر غلظت فلزات سنگین در بافت های مختلف ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d wt}$)

بافت		Fe	Zn	Cu	Cd
عضله	میانگین	۳۹/۰۷	۳۹/۶۴	۱/۹۴	۱/۰۰
	انحراف معیار	۲۹/۹۳	۱۱/۵۷	۱/۱۵	۱/۶۷
	حداقل	۳/۳۳	۲۶/۵۸	۰/۵۹	۰/۰۰
	حداکثر	۱۵۸/۸۳	۹۶/۹۷	۴/۴۱	۹/۱۴
پوست	میانگین	۹۴/۵۹	۸۲/۱۷	۲/۹۰	۰/۷۶
	انحراف معیار	۱۲۲/۹۷	۱۷/۷۵	۱/۴۴	۰/۶۲
	حداقل	۲۰/۸۳	۴۲/۶۷	۰/۵۹	۰/۱۲
	حداکثر	۵۵۴/۱۷	۱۱۵/۷۳	۵/۵۹	۲/۴۴
گناد	میانگین	۴۷/۵۷	۸۰/۹۴	۸/۲۱	۰/۲۹
	انحراف معیار	۱۴/۵۴	۳۲/۸۳	۵/۲۶	۰/۲۷
	حداقل	۲۱/۶۷	۳۹/۲۰	۰/۹۱	۰/۰۰
	حداکثر	۶۹/۱۷	۱۲۸/۲۷	۲۴/۱۲	۰/۹۷
آبش	میانگین	۱۰۹۸/۴۷	۱۸۹/۱۵	۴/۷۸	۰/۶۵
	انحراف معیار	۲۸۰۵/۴۱	۱۰۴/۶۶	۲/۹۱	۰/۶۳
	حداقل	۳۵/۰۰	۱۰۳/۲۰	۰/۵۹	۰/۰۰
	حداکثر	۱۶۶۶۶/۶۷	۷۳۶/۰۰	۱۰/۲۸	۲/۱۹
کل	میانگین	۳۱۹/۹۳	۹۷/۹۸	۴/۶۱	۰/۷۳
	انحراف معیار	۱۴۶۱/۲۵	۷۸/۳۷	۳/۹۷	۱/۰۸
	حداقل	۳/۳۳	۲۶/۵۸	۰/۵۹	۰/۰۰
	حداکثر	۱۶۶۶۶/۶۷	۷۳۶/۰۰	۲۴/۱۲	۹/۱۳

فلزات در عضله ماهی نسبت به نمونه های آبشش و پوست را به عدم ارتباط مستقیم با آب و رسوب عنوان کرد، که در بیش تر مقالات نیز کمترین مقادیر اکثر فلزات مربوط به بافت عضله می باشند (Abdelrahim et al., 2011; A-ian et al., 2008; Oguzie and Izerbigie, 2009; Saeed and Shaker, 2008; Demirak, Yilmaz, Tuna, Ozdemir, 2006). همچنین مطالعات فریدمن (Freedman) در سال ۱۹۸۹ حاکی از آن بود که در بافت عضله ماهیان، پروتئین های متالوتیونین مسئول حذف و خنثی سازی عناصر سنگین و آثار سمی آن ها هستند (Beheshti et al., 2011) که این امر نیز می تواند دلیلی بر کمتر بودن غلظت این عناصر در بافت عضله نسبت به بافت های دیگر باشد. همان طور که اشاره شد پوست به عنوان اولین و وسیع ترین بافت بدن ماهیان می باشد که در تماس کامل با آب و رسوبات قرار دارد، همچنین بسیاری از فلزات سنگین توانایی جذب از طریق پوست را دارند. به همین علت غلظت نسبتا بالای برخی از فلزات را می توان به این امر نسبت داد. طبق نتایج حاصل از پژوهشی که الیوسف و همکاران (Al-Yousuf, El-Shahawi,

مس و روی)، تمایل سیستم دفاعی به دفع فلز (کادمیم) و تغییراتی که به فلز وارد شده در سلول ها رخ می دهد، بستگی دارد (Beheshti, Askari, Sari, Velayatzadeh, 2011). ماهی ها مستعد تجمع فلزات در درون عضلات خود هستند و چون نقش مهمی در تغذیه انسان ایفا می کنند، به عنوان بافت هدف انتخاب شدند. پوست به عنوان اولین و وسیع ترین بافت که در تماس کامل با آب می باشد و دیگر این که برخی منابع آلاینده همچون فلزات سنگین توانایی جذب از راه پوست را دارند، به عنوان هدفی دیگر برای مطالعات انتخاب شد. همچنین آبشش به دلیل نقش آن در تنفس و گناد به دلیل نقش آن در تولید مثل ماهیان به عنوان اهداف بعدی انتخاب شدند. مطالعات آزمایشگاهی مشخص کرده اند که تجمع فلزات سنگین در بافت های ماهیان به غلظت فلزات در آب و رسوبات و مدت زمان در معرض قرارگیری آن ها بستگی دارد (اگرچه برخی فاکتورهای زیست محیطی دیگر مثل شوری، pH، سختی و دما هم نقش مهمی در تجمع فلزات ایفا می کنند) (Yi and Zhang, 2012). پس می توان کمتر بودن غلظت اکثر این

جدول ۳- میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت های مختلف به تفکیک فصول نمونه برداری ($\mu\text{g.g}^{-1} \text{d wt}$)

بافت	عنصر	پایین (انحراف معیار \pm میانگین)	زمستان (انحراف معیار \pm میانگین)
عضله	آهن	۴۵/۶۱ \pm ۳۸/۳۹	۳۱/۳۹ \pm ۱۲/۲۱
	روی	۳۴/۷۵ \pm ۴/۲۴	۴۵/۳۹ \pm ۱۴/۶۶
	مس	۰/۷۱ \pm ۰/۵۹	۲/۶۷ \pm ۱/۷۶
	کادمیم	۱/۳۲ \pm ۲/۰۴	۰/۴۵ \pm ۰/۲۵
پوست	آهن	۱۳۸/۶۷ \pm ۱۵۵/۳۵	۴۲/۷۴ \pm ۸/۹۳
	روی	۷۷/۶۴ \pm ۱۸/۶۹	۸۷/۵۰ \pm ۱۵/۴۳
	مس	۲/۳۸ \pm ۱/۵۱	۳/۵۰ \pm ۱/۱۱
	کادمیم	۰/۹۹ \pm ۰/۶۴	۰/۳۰ \pm ۰/۲۱
گناد	آهن	۵۶/۰۸ \pm ۸/۷۷	۳۷/۵۵ \pm ۱۳/۶۸
	روی	۹۵/۹۵ \pm ۳۲/۶۶	۶۳/۲۹ \pm ۲۳/۳۴
	مس	۷/۰۳ \pm ۳/۳۴	۹/۶۹ \pm ۶/۷۹
	کادمیم	۰/۳۳ \pm ۰/۲۹	۰/۱۸ \pm ۰/۱۶
آبشش	آهن	۱۸۴۷/۱۸ \pm ۳۶۸۰/۷۱	۲۱۷/۶۳ \pm ۳۰۸/۷۰
	روی	۲۱۷/۹۹ \pm ۱۳۳/۷۹	۱۵۵/۲۳ \pm ۳۳/۶۱
	مس	۵/۶۷ \pm ۳/۱۷	۳/۷۳ \pm ۲/۲۲
	کادمیم	۰/۹۳ \pm ۰/۶۹	۰/۲۷ \pm ۰/۲۴

هر دو جنس نر و ماده تفاوت های آشکاری بین غلظت فلزات سنگین در دوره تولید مثل و دوره غیر تولید مثل وجود دارد. در جنس ماده از زمان شروع تخمک گذاری تا تکامل تخمک ها غلظت کل عناصر ضروری افزایش می یابد. بنابراین در جنس ماده، متابولیسم فلزات ضروری (Zn, Cu, Mn, Fe) در تخمدان ها وابستگی شدیدی به چرخه جنسی دارد. طی مدت میوز (تقسیم سلولی سلول های جنسی) جذب مواد مغذی در تخمدان ها افزایش می یابد. این امر در ابتدا باعث رقیق شدن و کاهش غلظت عناصر ضروری می شود. همین رقیق شدگی باعث انتقال این عناصر از خون به تخمدان ها می شود که باعث افزایش دوباره غلظت فلزات در این بافت می شود. اساسا جنس نر ماهی برای تکامل اسپرم های خود از ذخیره غذایی کمتری استفاده می کند. به همین علت طی دوره تولید مثل، تخمدان ماهیان ماده نسبت به بیضه ماهیان نر، دارای مقادیر نسبتا بیشتری از عناصر ضروری می باشد (Miramand et al., 1991). با توجه به نتایج بدست آمده و مقایسه با نتایج حاصل از پژوهش میرامند و همکاران (Miramand et al., 1991) می توان نتیجه گرفت که نمونه های مورد آزمایش نیز در مرحله آماده سازی و تکامل سلول های جنسی قرار داشتند. بیش ترین غلظت در بافت آبشش، مربوط به فلز آهن و بیشترین تجمع عناصر آهن و روی نیز مربوط به بافت آبشش بود، که این امر توسط مقالات دیگر هم تایید می شود (Aziz K., Bahnasawy, idr, Dheina, 2009; Calza et al., 2004; Ossana, Elissa, Salibian, 2009; Öztürk et al., 2009). بالا بودن غلظت فلزات سنگین در بافت آبشش ممکن

(Al-Ghais, 2000) بر روی بافت های کبد، پوست و عضله ماهی *Lethrinus lentjan* انجام دادند، غلظت فلزات مس، روی و منگنز در کبد < پوست > عضله و غلظت کادمیم در کبد < عضله > پوست به دست آمد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. اما نتایج حاصل از پژوهش دوبرادران و همکاران (Dobaradaran, Naddafi, Nazmara, Ghaedi, 2010) که غلظت فلزات سنگین کادمیم، مس، نیکل و سرب را در بافت های عضله و پوست دو گونه ماهی خلیج فارس در بوشهر اندازه گیری کردند، غلظت کادمیم در پوست بیش تر از عضله و غلظت مس در عضله بیش تر از کادمیم بود که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد.

بیش ترین غلظت در بافت گناد مربوط به فلز روی و بیش ترین تجمع مس هم مربوط به بافت گناد بود که با نتایج حاصل از پژوهش ییلماز و همکارش (Yilmaz, A.B and Yilmaz, L, 2007) که بر روی بافت های مختلف ماهی *Penaeus semisulcatus* انجام پذیرفت و طبق نتایج حاصله غلظت مس در گناد بیشتر از غلظت آن در بافت های دیگر بود، مطابقت دارد. شاید غلظت بالای روی در گناد ها به علت نقش آن در تقسیم سلولی و فرآیند رشد باشد (Uluturhan and Kucuksezgin, 2007). مس یکی از عناصر ضروری برای متابولیسم ماهیان و همچنین دارای خاصیت ضد باکتریایی می باشد که می توان تجمع آن در بافت گناد را انتقال این عنصر به نسل بعد و انجام متابولیسم نرمال و همچنین محافظت از تخم ها نسبت داد. غلظت کل عناصر مس و روی در گناد ماهیان نر و ماده به مرحله چرخه جنسی هم بستگی دارد. در

41-46.

4 - Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S., Al-Ghais, S.M. (2000). Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *The Science of the Total Environment*, Vol, 256, pp: 87-94.

5 - Arian, M.B., Kazi, T.G., Jamali, M.K., Jalbani, N., Afrida, H.I., Shah, A., (2008). Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. *Chemosphere*, Vol, 70, pp: 1845-1856.

6 - Bahnasawy, M., Aziz khidr, A., Dheina, N. (2009). Seasonal variations of heavy metals concentrations in mullet, (*Mugil cephalus*) and (*Liza ramada*) (Mugilidae) from Lake Manzala. *Journal of Applied Sciences Research*, Vol, 5, No,7. pp: 845-852.

Beheshti, M., Askari Sari, A., Velayatzadeh, M. (2011). Assessment of heavy metals concentration of fish (*Liza abu*) in Karoon River, Khouzeestan province. *Journal of water and sewage*, Vol, 3, pp: 125-133.

7 - Calza, C., Anjos, M.J., Castro, C.R.F., Barroso, R.C., Araujo, F.G., Lopez, R.T. (2004). Evaluation of heavy metals levels in the

است به دلیل عملکرد فیزیولوژیک این اندام در تنفس و تعادل اسمزی باشد (Heath, ۱۹۸۷). همچنین بافت آبشش در انتقال و دریافت اکسیژن از محیط پیرامون نقش مهمی داشته و نیاز به غلظت بالایی از خون دارد، که به دنبال آن نیاز بالایی به فلزات ضروری است. بنابراین افزایش غلظت فلزات ضروری مثل آهن می تواند ناشی از نیاز این بافت به این فلزات باشد.

با مقایسه غلظت های به دست آمده در بافت های مختلف با مقادیر استاندارد بین المللی (جدول ۴)، مشخص می شود که در مورد عنصر روی، میانگین غلظت آن در بافت عضله کمتر از استانداردهای جهانی، در پوست و گناد میزان آن از استاندارد WHO کمتر ولی در بافت آبشش از استانداردها بالاتر بود. میانگین غلظت مس در تمامی بافت های مورد مطالعه کمتر از استاندارد های بین المللی به دست آمد. در مورد کادمیم میانگین غلظت آن در بافت های عضله، پوست و آبشش از استاندارد ها بالاتر ولی در مورد بافت گناد تنها از استاندارد سازمان خوار و بار جهانی (FAO) بالاتر به دست آمد. غلظت های بالای فلزات سنگین در بدن انسان عوارضی همچون اختلال در تعادل، نقص ایمنی، تحریکات پوستی، مشکلات گوارشی، ناراحتی های قلبی و افزایش فشار خون ایجاد می کنند که با توجه به بالا بودن میزان کادمیم در بافت عضله ماهیان مورد مطالعه و نیز با توجه به سمی بودن کادمیم، عدم استفاده از آنها توصیه می گردد. برای حفظ سلامت مردم و همینطور دریای خزر، باید سازمان های مربوطه چاره اندیشی کرده و اقدامات موثری انجام دهند.

جدول ۴- استاندارد های بین المللی برای فلزات سنگین ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

استانداردها	فلزات سنگین			
	Fe	Zn	Cu	Cd
WHO	-	۱۰۰	۱۰	۰/۲
FAO	-	۵۰	۲۰	۰/۳
UK (MAFF)	-	۵۰	۲۰	۰/۲

Para!ba do Sul River by SRTXRF in muscle, gonads and gills of *Geophagus brasiliensis*. *Radiation Physics and Chemistry*, Vol, 71, pp: 787-788.

8 - Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A.L., & Ozdemir, N. (2006). Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in south western Turkey. *Chemosphere*. Vol, 63, pp: 1451-1458.

9 - Dobaradaran, S. Naddafi, K. Nazmara, Sh & 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*, Vol, 9, No,37. pp: 6191 – 6193.

10 - EC, (2001). Commission Regulation No. 466/2001 of 8 March 2001, Official Journal of European Communities L 77/1.

منابع مورد استفاده

1 - Abdelrahim, A.A., Elhadi, M.E., Mohamed, A.A., (2011), Determination of heavy metals in four common fish, water and sediment collected from Red Sea at Jeddah Islamic Port Coast. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, Vol, 1, No,10. pp: 453-459.

2 - Alturqi, A.S., Albedir, L.A., (2012). Evaluation of some heavy metals in certain fish, meat and meat products in Saudi Arabian markets. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, Vol, 38. pp: 45-49.

3 - Al-Weher, S.M., (2008). Levels of heavy metal Cd, Cu and Zn in three fish species collected from the Northern Jordan Valley, Jordan. *Jordan Journal of Biological Sciences*, Vol, 1, No,1. pp:

- 11 - Eisler, R., (1988). Zink Hazards to Fish, Wildlife and Invertebrates: a Synoptic Review. US Fish Wildlife Service, Biology of Reproduction, Vol, 85.
- 12 - Heath, A.G., (1987). Water pollution and fish physiology, DRS Press, Boston, USA.
- 13 - Ikem, A., Adisa, S., (2011). Runoff effect on eutrophic lake water quality and heavy metal distribution in recent littoral sediment. Chemosphere, Vol, 82, pp: 259-267.
- 14 - Leung, H.M., Leung, A.O.W., Wang, H.S., Ma, K.K., Liang, Y., Ho, K.C., Cheung, K.C., Tohidi, F., & Yung, K.K.L. (2014). Assessment of heavy metals/metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl River Delta (PRD), China. Marine Pollution Bulletin, Vol, 78, pp: 235-245.
- 15 - Miramand, P., Lafaurie, M., Fawler, S.W., Lemaire, P., Guary, J.C., Bentley, D. (1991). Reproductive cycle and heavy metals in the organs of red mullet, *Mullus barbatus* (L.), from the northwestern Mediterranean. The Science of the Total Environment, Vol, 103, pp: 47-56.
- 16 - Oguzie, F.A., & Izerbigie, A.A. (2009). Heavy Metals concentration in the organs of the silver Catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède) caught upstream of the Ikpoba River and the reservoir in Benin City. Bioscience Research Communications, Vol, 21, No,4, pp: 189-197.
- 17 - Ossana, N.A., Elissa, B.L., and Salibian, A. (2009). Cadmium bioconcentration and genotoxicity in the common carp (*Cyprinus carpio*). International Journal of Environment and Health, Vol, 3, No,3, pp: 302-309.
- 18 - Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E., (2009). Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. Iranian Journal of Environment and Health Science. English, Vol, 6, No,2, pp: 73-80.
- 19 - Saeed, S.M. & Shaker, I.M. (2008). Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on *Oreochromis niloticus* in the Northern Delta Lakes, Egypt. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. pp: 475-490.
- 20 - Taghavi Jelodar, H. Sharifzadeh Baei, M. Najafpour, S.H & Fazli, H. (2011). The Comparison of heavy metals concentrations in different organs of (*Liza aurata*) Inhabiting in Southern part of Caspian Sea. World Applied Sciences Journal, Vol, 14, pp: 96-100.
- 21 - Uluturhan, E., Kucuksezgin, F., (2007). Heavy metal contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey. Water Research, Vol, 41, pp: 1185-1192.
- 22 - Yi, Y. J., & Zhang, S.H., (2012). The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. Procedia Environmental Sciences, Vol, 13, pp: 1699-1707.
- 23- Yilmaz, A.B., Yilmaz, L. (2007). Influences of sex and seasons on levels of heavy metals in tissues of green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus* de Hann, 1844). Food Chemistry, Vol, 101, pp: 1664-1669.

