

مقایسه تجمع برخی فلزات سنگین (جیوه، مس و روی) در بافت کبد و عضله ماهی کپور پرورشی و کپور دریایی (*Cyprinus carpio*)

• سعید مشکینی (نویسنده مسئول)

نویسنده مسئول، دانشیار، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

• هیمین رسولی اقدم

کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷-۰۱-۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷-۰۹-۱۱

Email: s.meshkiniy@urmia.ac.ir



چکیده

فلزات سنگین جزو آلاینده‌های غیرقابل تجزیه می‌باشند که بر موجودات زنده آب‌ها از جمله ماهی‌ها اثر می‌گذارند. در این مطالعه به بررسی غلظت سه فلز سنگین جیوه، مس و روی در بافت عضله و کبد ماهی کپور وحشی (*Cyprinus carpio*) دریای خزر و کپور پرورشی (مزرعه‌ای در اطراف شهر ارومیه با منبع آب چاه) بترتیب به عنوان نمونه‌های دریایی و پرورشی و برآورد میزان خطر پرداخته شد. در این تحقیق ۲۰ نمونه ماهی کپور معمولی از این منابع تهیه گردید. فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم شعله اندازه‌گیری گردیدند. نتایج نشان داد حداکثر میانگین میزان این فلزات در ماهی کپور، مربوط به فلزات روی و مس در ماهی کپور دریایی بترتیب $7/52 \pm 7/29$ و $6/24 \pm 2/46$ ، و در کپور پرورشی بترتیب $21/5 \pm 134/31$ و $22/8 \pm 7/9$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده است و میزان فلز سمی و غیر ضروری جیوه در کپور پرورشی و دریایی به ترتیب $1/48 \pm 0/33$ و $0/13 \pm 0/54$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده است. بین مقادیر فلزات اندازه‌گیری شده در دو بافت عضله و کبد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). میزان فلزات سنگین با شاخص‌های زیست‌سنجی (سن، طول و وزن) ماهی کپور در هر دو محل نمونه‌برداری ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). علاوه بر این، جنسیت ماهی کپور با تجمع دو فلز روی و جیوه ارتباط معنی‌داری داشته ($P < 0/05$) در حالی‌که با تمرکز مس ارتباط معنی‌دار نداشت ($P > 0/05$). مقایسه این فلزات با حد مجاز استانداردهای جهانی نشان داد که مقدار روی در کپور پرورشی از حد مجاز تمامی استانداردهای ذکر شده بالاتر است.

کلمات کلیدی: آلودگی فلزات سنگین، کبد و عضله، جیوه، روی، مس، کپور معمولی

● Veterinary Researches & Biological Products No 123 pp: 75-83

Comparing Accumulation Of Some Heavy Metals (Mercury, Copper, Zinc) In Liver And Muscle Tissues Of Grown Carp And Sea Carp

By: Meshkini, S., (Corresponding Author) Corresponding author, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine Urmia University, Urmia, Iran. and Rasooli Aghdam, H., M.Sc. Graduate, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Urmia, Urmia, Iran.

Received: 2018-03-25 Accepted: 2018-12-02

Email: s.meshkini@urmia.ac.ir

Heavy metals are non-degradable pollutants affecting living creatures of waters including fish. In this study, concentration of three heavy metals of mercury, copper and zinc in liver and muscle tissues of Caspian Sea carp and grown carp (in a farm around Urmia with a well water resource) were studied as marine and grown samples, respectively and the risk was estimated. In this research, 20 specimens of carp were prepared from this resource. The heavy metals were measured using an atomic absorption device equipped with a flame system. The results showed that the maximum means of heavy metals in carp related to zinc and copper in Caspian Sea carp were 78.29 ± 7.52 and 6.24 ± 2.46 , respectively and in grown carp were 134.31 ± 21.51 and 28.88 ± 7.9 ppm dry weight, respectively. The content of toxic and unnecessary metal of mercury in grown and sea carp was 10.48 ± 0.13 and 0.54 ± 0.13 ppm dry weight, respectively. There was no significant difference between values of measured metal in both muscle and liver tissues ($P > 0.05$). There was no significant relationship between the content of heavy metals with biometric indices (age, length, weight) of carp in both places of sampling ($P > 0.05$). In addition, there was a significant relationship between carp sex and accumulation of zinc and mercury metals ($P < 0.05$), while there was no significant relationship between carp sex and copper concentration ($P > 0.05$). Comparison of these metals with the limit of global standards showed that the amount of mercury metal in grown carp was higher than all above mentioned standards.

Key words: Cu, *Cyprinus carpio*, Fish Tissue, Hg, Pollution of heavy metal, Zn

مقدمه

تحولات ایجاد شده در بخش‌های صنعتی و کشاورزی و ارتقاء سطح زندگی بشر در دهه‌های اخیر، کاربرد فلزات سنگین را در زمینه‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر نموده است (۲ و ۵). این فلزات که به روش‌های مختلف نظیر استخراج، فرآیند ذوب، احتراق مواد سوختی و صنعتی به محیط زیست راه یافته‌اند، از مسیرهای گوناگونی مانند نزولات جوی، تخلیه مواد زائد، نشت اتفاقی، تخلیه آب توازن کشتی، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی و فرسایش خاک به محیط‌های آبی منتقل می‌شوند (۷ و ۲۱).

علی‌رغم پیشرفت‌های زیادی که در زمینه مدیریت تصفیه و پالایش مواد زائد در محیط زیست صورت گرفته، فلزات سنگین هنوز هم بعنوان يك خطر جدی برای انسان‌ها و سایر موجودات زنده محسوب می‌شوند (۱۷). زیرا این مواد برخلاف سایر آلاینده‌ها که می‌توانند بطور کامل بواسطه باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و از بین بروند، قابل تجزیه نیستند و به عبارتی غیر قابل تجزیه هستند (۱۱ و ۱۳). فلزات وارد شده به داخل رسوبات به طور کامل از دسترس خارج نمی‌شوند، بلکه بسته به شرایط محیطی در آب به حالت تبادل بوده و توانایی بازگشت به بدن

آبی را دارند (۳ و ۴). امروزه تحقیقات زیادی در رابطه با جذب فلزات سنگین در موجودات دریایی انجام شده است که نشان‌دهنده روند رو به افزایش این فلزات در اثر فعالیت‌های انسانی و سرازیر شدن آن به محیط‌های آبی می‌باشد (۱۲). لذا هر گونه افزایش بیش از غلظت‌های طبیعی این فلزات، به اکوسیستم آسیب وارد می‌کند.

تعیین کیفیت شیمیایی موجودات آبی، به ویژه مقادیر فلزات سنگین در ماهیان به دلیل تأثیرات منفی آن‌ها بر آبزیان نظیر کاهش رشد، تغییرات رفتاری، تغییرات ژنتیکی، مرگ و میر و همچنین به سبب سمیت و تمایل به تجمع در زنجیره غذایی، موجب ایجاد نگرانی در مصرف آبزیان گردیده است (۵ و ۱۲). سلامت بافت عضله ماهیان به عنوان اصلی‌ترین بخش مورد تغذیه انسان اهمیت زیادی دارد. یکی از منابع تامین‌کننده پروتئین حیوانی از نوع آبزیان در کشور، ماهی کپور معمولی است که سه منبع اصلی تامین‌کننده این ماهی در کشور شامل ۱- دریای خزر، ۲- رودخانه‌ها و دریاچه‌های داخلی و ۳- مزارع پرورشی می‌باشند. دریای خزر در سال‌های اخیر به شدت تحت تأثیر مواد آلوده‌کننده متعددی شامل فنول‌ها، مواد ارگانیک، فلزات سنگین و ترکیبات نیتروژن‌دار قرار گرفته است. سه کشور ایران، آذربایجان و روسیه بیشترین مقدار آلودگی

سالیانه با کمک لوپ شمارش شدند (۱۵). پس از این مرحله، جداسازی بافت‌های عضله و کبد توسط اسکالپل صورت گرفت. برای برداشت بافت قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) و قسمت تحتانی (بالای باله شکمی) و قسمت عقبی بدن (ساقه دم) استفاده شد. برداشت بافت‌های کبد نیز به صورت کامل انجام شد و نمونه‌ها کدگذاری شده و تا فراهم آمدن مقدمات کار در داخل فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه نگهداری شدند.

اندازه‌گیری فلزات سنگین

به منظور اندازه‌گیری دو عنصر روی و مس، قسمتی از بافت کبد و تریکیبی از عضله سه ناحیه (ساقه دم)، زیر باله پشتی و بین باله سینه‌ای و شکمی) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند. سپس نمونه‌ها به وسیله هاون کاملاً پودر شده و یک گرم از نمونه‌های پودر شده بافت کبد یا عضله ماهی را به همراه پنج میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۲۰ mL اسید کلریدریک به مدت یک ساعت در دمای ۴۰ درجه و سه ساعت دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه هضم کننده (Hotblock Digester) حرارت داده شدند. محلول بدست آمده به صورت کاملاً شفاف درآمد. سوسپانسیون‌های ایجاد شده با استفاده از کاغذ واتمن ۴۲ میکرون فیلتر شده و محلول صاف شده به یک بالن مدرج منتقل و به حجم ۵۰ mL افزایش داده شدند. پس از هم زدن کامل و یکنواخت شدن، محلول به دست آمده به دستگاه جذب اتمی شعله (مدل AA-670, Shimadzu) تزریق و مقدار جذب و در نتیجه غلظت فلزات سنگین روی و مس خوانده شد. حد تشخیص دستگاه برای روی ppm ۰/۱ و مس ppm ۰/۵ می‌باشد (۵). لازم به ذکر است که ۱ g از پلت‌های مورد استفاده کپور پرورشی (کپور دریایی فاقد غذادهی دستی بوده بنابراین فقط سنجش پلت‌های کپور پرورشی انجام گردید) به شیوه روش‌های ذکر شده در مورد بافت، آماده‌سازی و میزان فلزات مورد نظر سنجش شد. برای اندازه‌گیری میزان جیوه از تکنیک بخار سرد و از دستگاه دستگاه جذب اتمی مجهز به شعله (مدل AA-670 Shimadzu) در آزمایشگاه شیمی پردیس دانشگاه ارومیه استفاده شد (۹).

آنالیز آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogrov-Smirnov مورد بررسی قرار گرفت. جهت آنالیز آماری، از نرم‌افزار SPSS نسخه

را وارد دریای خزر می‌کنند (۲۰). تخلیه آلودگی‌هایی همانند فلزات سنگین از تهدیدات بالقوه برای تنوع گونه‌ای و اکوسیستمی هستند که از مهم‌ترین اثرات آن‌ها می‌توان به کاهش نرخ رشد، هم‌آوری و رفتارهای اجتماعی آن‌ها اشاره کرد (۶، ۱۴ و ۱۷). علاوه بر آسیب‌های جدی بر سلامت و حیات این موجودات، در نهایت با توجه به وارد شدن به زنجیره‌های غذایی با انتقال به بدن انسان، سبب بیماری‌ها و نارسایی‌های خاص می‌شوند. دریاچه‌های آب شیرین و مزارع پرورش ماهی کپور از دیگر منابع تامین کننده این ماهی در کشور می‌باشد که این منابع آبی هم تحت تاثیر آلودگی با فلزات سنگین قرار گرفته‌اند.

در این تحقیق به دلیل اهمیت اکولوژیکی دریای خزر و لزوم آگاهی از میزان آلودگی‌ها، به منظور مقابله با تهدیدات زیست‌محیطی و حفظ سلامتی عموم، تجمع سه فلز سنگین مس، روی و جیوه در عضله و بافت کبد ماهی کپور وحشی در دریای خزر و کپور پرورشی در یکی از مزارع شهر ارومیه مورد ارزیابی و میزان آن با استانداردهای جهانی مقایسه شد.

روش کار

ایستگاه‌های نمونه‌برداری، صید و انتقال به آزمایشگاه

تعداد ۱۰ عدد کپور وحشی دریای خزر از سواحل شهرستان تالش (با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۹۶ دقیقه شرق نصف‌النهار مبدأ) در استان گیلان به صورت تصادفی از صید صیادان به روش تور پره و نیز ۱۰ عدد کپور معمولی از یکی از مزارع پرورش کپور ماهیان واقع در حاشیه شهر ارومیه با منبع آب چاه (جاده مهاباد) و همگی با میانگین وزن بازاری ۱/۵ Kg تهیه و به آزمایشگاه منتقل شدند. لازم به ذکر است که جهت جلوگیری از هر گونه تغییرات شیمیایی و میکروبی، تمام نمونه‌ها در کیسه‌های حاوی نمونه و در یخدان به آزمایشگاه منتقل گردیدند. جهت پاکسازی گل و آلودگی ماهیان، نمونه‌ها با آب دیونیزه شستشو شدند. طول کل و وزن ماهیان بترتیب توسط تخته بیومتری با دقت ۱ mm و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ g اندازه گیری شدند. پیش از استفاده از تخته بیومتری و ترازوی دیجیتال، تمام سطوح فلزی آن‌ها که در تماس با ماهی بودند، توسط ورقه‌های پلاستیکی پوشانده شدند. برای تعیین سن ماهیان تعداد ۱۰ تا ۱۵ عدد فلس از سمت چپ بدن برداشته شد. و فلس‌ها در محلول پتاس پنج درصد شستشو شدند و سپس بین دو لام قرار داده شدند و حلقه‌های

جدول ۱ - مشخصات آماری زیست سنجی ماهی کپور معمولی

نوع ماهی (منبع آبی)	طول کل (سانتیمتر)	طول استاندارد (سانتیمتر)	وزن (گرم)	سن (سال)
کپور پرورشی (چاه)	۴۲±۴/۲۱ a	۳۹/۳±۳/۳ a	۱۲۸۳/۳±۲۰۳/۷ a	۱/۷۵ a
کپور دریایی (دریای خزر)	۴۲/۳۰±۲/۵ a	۴۰/۵±۳/۳ a	۱۳۸۳/۳±۱۱۱/۶ a	۱/۹۵ a

اعداد با حروف لاتین یکسان فاقد اختلاف معنی دار هستند ($P > 0/05$).

۲۲/۸۲ بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری را با کپور دریایی نشان می‌دهند ($P < 0/05$). لازم به ذکر است که میزان این فلزات در پلت کپور پرورشی به دلیل پایین بودن از حد تشخیص دستگاه قابل شناسایی نبودند.

نتایج آنالیز آزمون One - Way Anova نشان داد که مقادیر اندازه‌گیری شده میانگین غلظت جیوه و روی در بافت کبد در منابع آبی مختلف اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان نمی‌دهد ($P > 0/05$). بیشترین میزان روی و جیوه به ترتیب در ماهیان کپور پرورشی ($17/17 \pm 102/71$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) مشاهده شد. بیشترین میزان مس نیز در کبد کپور پرورشی مشاهده شد ($7/9 \pm 22/80$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) که اختلاف معنی‌داری را با کپور دریایی نشان داد ($P < 0/05$). (جدول ۳). بر اساس نتایج بدست آمده اختلاف معنی‌داری بین میزان فلز سنگین جیوه در ماهی کپور معمولی در منابع آبی مختلف مشاهده نشد ($P > 0/05$). میزان مس ($1/5 \pm 6/19$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در بافت عضله ماهی کپور دریایی و روی در بافت عضله کپور پرورشی ($9/27 \pm 165/31$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) اختلاف معنی‌داری را با میزان این دو فلز در بافت عضله ماهی کپور دو منبع آبی

۱۹ استفاده شد. برای بررسی ارتباط میزان تجمع فلزات سنگین در ماهی با طول، وزن و سن از رگرسیون و ارتباط آن با جنسیت و نوع بافت از آزمون Two-way Anova استفاده شد.

نتایج

با بررسی نتایج آزمون Kolmogrov- smirnov مشاهده شد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار می‌باشند ($P < 0/05$). در ابتدا وضعیت زیست‌سنجی ماهیان هر منطقه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر مشاهده گردید. بین میزان طول، وزن و سن در ماهی کپور پرورشی و دریایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در مجموع بافت عضلانی و کبد بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در منابع آبی مختلف محاسبه شده است. این بررسی‌ها نشان می‌دهد در هر دو منبع آبی غلظت فلزات در ماهیان کپور به صورت زیر بود: $Zn > Cu > Hg$ میزان تجمع فلز روی و جیوه در ماهیان دو منطقه (مجموع میانگین روی در دو بافت کبد و عضله) اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. ($P > 0/05$). بالاترین میزان فلز مس نیز در ماهیان کپور پرورشی ($7/90 \pm$

جدول ۲- میزان فلزات سنگین در ماهی کپور معمولی با منابع آبی مختلف (چاه، سد ارس، رودخانه) بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک (مجموع میانگین هر فلز در دو بافت کبد و عضله در هر منبع آبی)

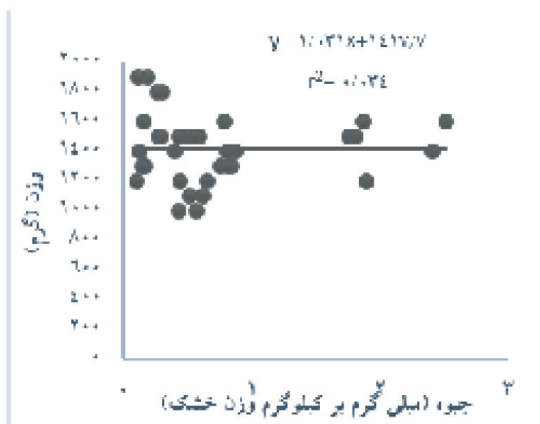
منبع	روی	مس	جیوه
کپور پرورشی	$134/31 \pm 21/5^a$	$22/80 \pm 7/90^b$	$0/54 \pm 0/113^a$
کپور دریایی	$78/29 \pm 7/52^a$	$6/24 \pm 2/64^a$	$0/48 \pm 0/113^a$
خوراک ماهی کپور پرورشی	عدم شناسایی	عدم شناسایی	عدم شناسایی

اعداد با حروف لاتین یکسان فاقد اختلاف معنی دار هستند ($P > 0/05$).

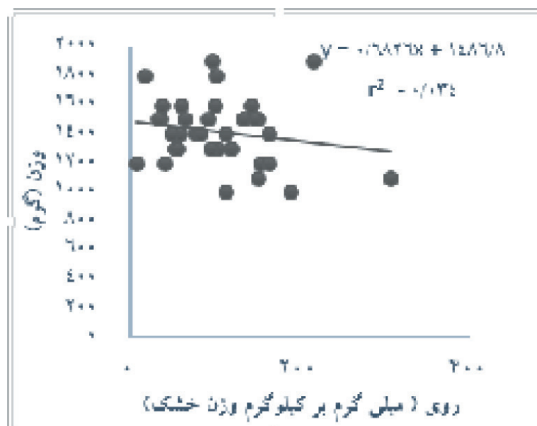
جدول ۳- مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت کبد و عضله ماهیان کپور معمولی در هر منبع آبی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک

منبع آبی	کبد			عضله		
	جیوه	مس	روی	جیوه	مس	روی
کپور پرورشی	$0/57 \pm 0/117^a$	$22/80 \pm 7/90^b$	$102/71 \pm 17/117^a$	$0/51 \pm 0/07^a$	عدم شناسایی	$165/31 \pm 9/27^b$
کپور دریایی	$0/48 \pm 0/113^a$	$11/8 \pm 3/2^a$	$78/29 \pm 7/52^a$	$0/48 \pm 0/16^a$	$6/19 \pm 1/5^a$	$78/42 \pm 10/91^a$

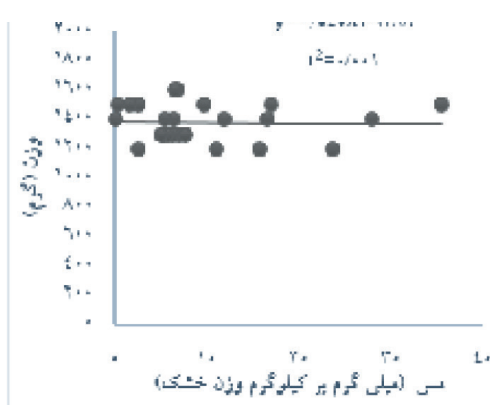
اعداد با حروف لاتین یکسان فاقد اختلاف معنی دار هستند ($P > 0/05$).



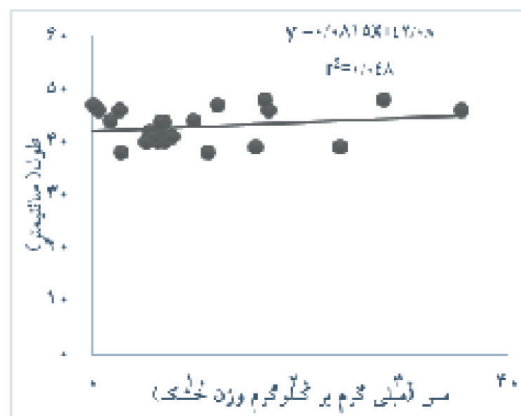
شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین میزان جیوه و وزن



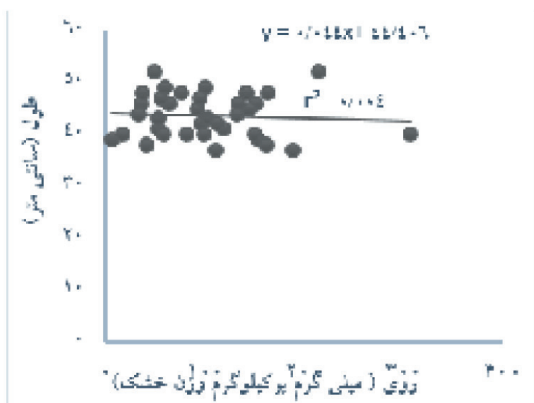
شکل ۱- رابطه رگرسیونی بین میزان روی و وزن



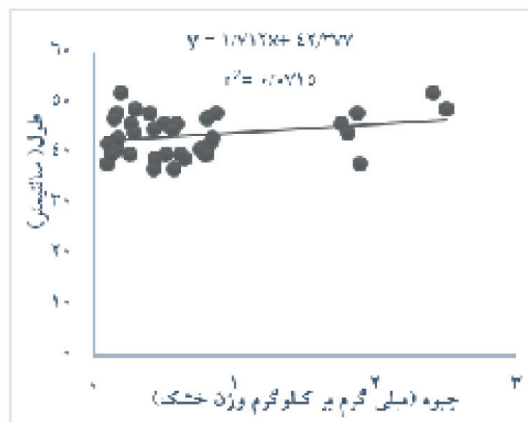
شکل ۴- رابطه رگرسیونی بین میزان مس و طول



شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین میزان مس و وزن



شکل ۶- رابطه رگرسیونی بین میزان روی و طول



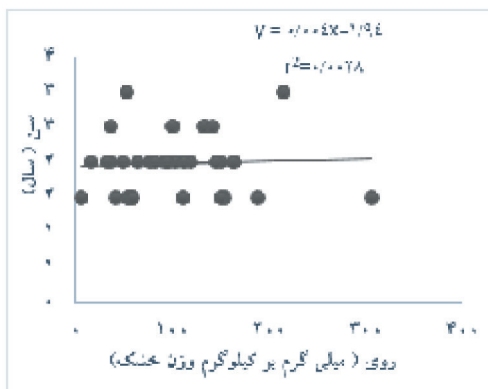
شکل ۵- رابطه رگرسیونی بین میزان جیوه و طول

روی نیز در بافت عضله کپور پرورشی از استانداردهای ذکر شده در جدول ۴ به بالاتر است. با مقایسه میزان فلزات سنگین در این ۲ منبع آبی می‌توان به صورت کلی نتیجه گرفت که غلظت فلزات سنگین در ماهیان کپور دریایی کمتر از منبع آبی دیگر است که احتمالاً به دلیل گستردگی این منبع آبی نسبت به منبع آبی دیگر است. بر اساس نمودار ۱۰ جنسیت یکی از عواملی است که بر تجمع میزان روی و جیوه تأثیر دارد و مقادیر متفاوتی را در دو جنسیت نشان می‌دهد (میزان جیوه در جنس نر در مجموع دو بافت کبد و عضله هر دو منبع آبی و میزان روی در مجموع دو بافت کبد و عضله جنس ماده در هر دو منبع آبی مقادیر بالاتر و اختلاف معنی‌داری را نسبت به جنس مخالف نشان می‌دهند ($P < 0.05$). این در حالیست که میزان مس در دو جنس نر و ماده اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد ($P > 0.05$) هر چند در جنس نر این میزان بیشتر می‌باشد.

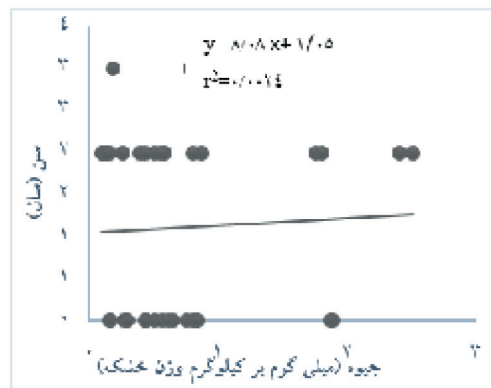
نشان داد (عدم شناسایی به دلیل مقدار پایین توسط دستگاه در نمونه‌های کپور کپور پرورشی) (جدول ۳).

همبستگی بین فلزات سنگین و وزن، طول و سن ماهی کپور در نمودارهای زیر آورده شده است. بر اساس این نمودارها هیچ گونه همبستگی معنی‌داری بین غلظت فلزات با شاخص‌های زیستی مورد نظر وجود ندارد (شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹) ($P > 0.05$).

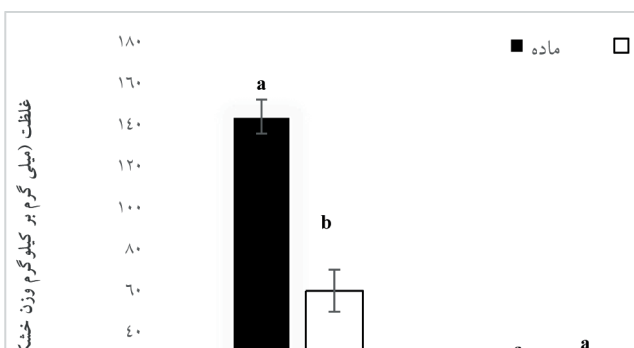
در این تحقیق برای بدست آوردن نمای کلی از خطر انباشت این آلاینده‌ها، غلظت‌های مربوط به بافت ماهی کپور با استانداردهای موجود در این زمینه مقایسه شد. یافته‌های این مقایسه نشان می‌دهد که مقدار فلز سنگین مس در بافت عضله ماهی کپور در هر دو منبع آبی پایین‌تر از حد مجاز تمامی استانداردهای جدول ۴ می‌باشد، اما مقدار جیوه عضله ماهی کپور پرورشی و وحشی برابر یا کمتر از تمامی مقدارهای تعیین شده از سوی استانداردهای جهانی است. میزان فلز



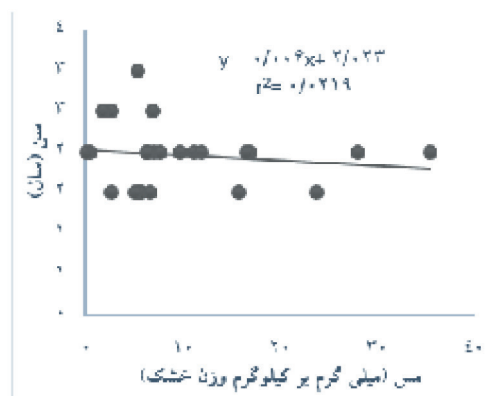
شکل ۸- رابطه رگرسیونی بین میزان روی و سن



شکل ۷- رابطه رگرسیونی بین میزان جیوه و سن



شکل ۱۰- مقایسه میزان فلزات سنگین در جنس نر و ماده



شکل ۹- رابطه رگرسیونی بین میزان مس و سن

بحث

در مطالعه حاضر بافت عضله ماهی، به سبب نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن مورد بررسی قرار گرفته است. بافت کبد نیز شاخص خوبی از لحاظ در معرض قرار گرفتن طولانی مدت با فلزات سنگین محسوب می‌گردد. به دلیل آنکه این بافت جایگاه متابولیسم فلزات هستند و به عنوان بافت اصلی در سوخت و ساز است (۳)، به عنوان اندام‌های هدف انتخاب شدند.

پژوهش حاضر نشان داد که غلظت فلزات در میان این دو ایستگاه متفاوت است. این تغییرات ممکن است به دلیل تفاوت در منابع آلودگی فلزات و شرایط فیزیکی و شیمیایی آب باشد. بر اساس جدول ۲ میزان فلز مس، روی و جیوه در ماهی کپور پرورشی مقادیر بالاتری را نسبت به ماهیان منبع آبی دیگر نشان دادند. میانگین فلز مس در دو بافت کبد و عضله ماهی کپور پرورشی $22/80 \pm 7/90$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در مقایسه با دریایی $6/24 \pm 2/64$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) مقادیر بالاتر و اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($P < 0/05$).

هر چند میزان روی و جیوه در ماهی کپور پرورشی اختلاف معنی‌داری را با کپور وحشی نشان نداد ($P > 0/05$). کاربرد انواع کودهای شیمیایی، آلی (دامی و انسانی)، تجزیه گیاهان و دیگر باقی مانده‌های آلی در خاک و تخلیه نامناسب فاضلاب از جمله دلایل نفوذ فلزات سنگین در آب چاه ذکر شده است. گاهی اوقات باران فلزات سنگین را به طرف آب‌های سطحی و زیرزمینی حرکت می‌دهد. بسیاری از فرآیندها، موجب تشدید آلودگی آب‌های زیرزمینی به این فلزات می‌شوند (۴). از آنجا که کودهای آلی حاوی مقادیری از فلزات سنگین می‌باشند، این ترکیبات از طریق بارندگی یا آبیاری وارد به صورت محلول وارد خاک گردیده و سرانجام وارد آب‌های زیرزمینی می‌شوند.

بر اساس جدول ۳ میزان فلز مس در بافت کبد ماهیان کپور پرورشی $7/9$

$22/80 \pm$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) مقادیر بالاتری را نسبت به کبد کپور دریایی $11/8 \pm 3/2$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) نشان دادند. میزان مس تنها در بافت عضله کپور دریایی قابل شناسایی بود ($6/19 \pm 1/5$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) که از حد مجاز تمامی استانداردهای ذکر شده در جدول ۴ کمتر است. میزان روی در بافت عضله ماهیان کپور پرورشی دارای بیشترین مقدار $31/27 \pm 165/9$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بوده و اختلاف معنی‌داری را با میزان این فلز در عضله ماهیان دریایی $78/42 \pm 10/91$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) نشان داد ($P < 0/05$). بر این اساس مقایسه با استانداردهای جهانی نشان می‌دهد که میزان فلز روی در بافت عضله ماهیان کپور پرورشی از تمامی استانداردهای ذکر شده بالاتر و فلز روی بافت عضله ماهیان کپور دریایی نیز از استانداردهای ذکر شده در جدول ۴ به استثنای FAO بالاتر می‌باشد. میزان جیوه در عضله کپور پرورشی $0/51 \pm 0/07$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) از حد استاندارد FAO و WHO بالاتر و از حد مجاز سایر استانداردهای ذکر شده در جدول ۴ کمتر می‌باشد میزان جیوه در بافت عضله ماهیان دریایی $0/48 \pm 0/16$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) از حد مجاز تمامی استانداردهای ذکر شده در جدول ۴ کمتر است. مطالعات مختلف در ایران و سایر نقاط جهان، نتایج مختلفی را در رابطه با این سه عنصر در ماهیان مختلف گزارش کردند. به طور مثال ابراهیمی و طاهریانفرد در سال ۲۰۰۹ میزان تجمع جیوه در عضله ماهی کپور معمولی رودخانه کر $0/51 \pm 0/05$ را بدست آوردند (۶).

عالم و همکاران در سال ۲۰۰۲ میزان فلز مس در کبد و عضله ماهی کپور پرورشی را به ترتیب $0/59$ و $0/33$ و در کبد و عضله کپور وحشی دریاچه کاسیموگورا ژاپن $0/74$ ، $0/29$ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش کردند همچنین میانگین غلظت روی در بافت‌های عضله و کبد کپور پرورشی 106 و $5/44$ در برابر 201 و $5/43$ میکروگرم بر گرم خشک

جدول ۴- مقایسه غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده در بافت عضله با برخی از استانداردهای جهانی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بافت

استاندارد	مس	جیوه	روی	رفرنس
EPA	۱۲۰	-	-	(۲۷)
FAO	۳۰	۰/۵	۱۰۰	(۲۶)
WHO	۲۰	۰/۵	۳۰	(۲۹)
Uk MAFF وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان	۱۰	۱	۵۰	(۳۱)
FDA سازمان غذا و دارو آمریکا	۲۰	۱	۳۵	(۲۶)
NHMRC انجمن بهداشت و تحقیقات پزشکی استرالیا	۱۰	۱	۵۰	(۲۹)
عضله کپور پرورشی	-	۰/۵۱	۱۶۵/۳۱	مطالعه حاضر
عضله کپور دریایی	۶/۱۹	۰/۴۸	۷۸/۴۲	مطالعه حاضر

است. نتایج آماری نشان داد که بین میانگین کل (مجموع میانگین فلزات در کبد و عضله) با وزن، طول استاندارد و سن ماهی ارتباطی وجود ندارد ($P > 0.05$). جنسیت با میزان دو فلز روی و جیوه دارای ارتباط معنی‌دار و با مس ارتباط معنی‌داری ندارد ($P > 0.05$). ماهیان صید شده از دریای خزر نسبت به ماهیان منبع دیگر و بر اساس حد مجاز استانداردهای جهانی از نظر بهداشتی سالم‌تر می‌باشند. مساعد بودن وضعیت بهداشتی کپور دریایی می‌تواند بعلت گستردگی و عمق بالای آب دریای خزر نسبت به منبع آبی دیگر و ثبات فاکتورهای محیطی (دما، شوری، سختی، pH و ...) و تاثیر کمتر این فاکتورها در تجمع فلزات سنگین باشد از سوی دیگر وجود موجودات دیگر در دریای خزر و جذب بخشی از فلزات سنگین توسط این موجودات (انواع باکتری‌ها، پلانکتون‌ها، سخت پوستان و سایر ماهیان) در کاهش تجمع فلزات سنگین در ماهی کپور دریایی را می‌توان موثر دانست. بالعکس منبع آبی دیگر به دلیل پایین بودن حجم آبی، تغییرات دما و pH، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی منجر به بالا رفتن هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول منابع آب زیرزمینی شده است.

منابع مورد استفاده

1. Alam M.G.M., A. Tanaka, G. Allinson, L.J.B. Laurenson, F. Stagnitti, and E.T. Snow. 2002. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 53: 348–354.
2. Arain, M.B., T.G. Kazi, M.K. Jamali, N.Jalbani, H.I. Afridi and A. Shah. 2008. Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of Polluted Manchar Lake. *Chemosphere* 70: 1845–1856.
3. Ben Salem, Z., N., Capelli Laffray, X. Elise, G. Ayadi, H. and L. Aleya. 2014. Seasonal variation of heavy metals in water, sediment and roach tissues in a landfill draining system Pond (Etuefont, France). *Ecological Engineering* 69: 25–37.
4. Berlin, M. 1985. Arsenic. pp. 376-405. Aitio, A., Andersson, I., Fowler, B.A., Friberg, L.T., Nordberg, G.F., Nordberg, M., Pärt, P. and Skerfving, S. Handbook of the Toxicology of Metals. 2nd ed. Elsevier science publishers. London, UK.
5. Cheng, Z., Y.B. Man, X.P. Nie and M.H. Wong. 2013. Trophic relationships and health risk assessments of trace metals in the aquaculture pond ecosystem of Pearl River Delta, China. *Chemosphere* 90: 2142–2148.
6. Ebrahimi, M. and M. Taherianfard. 2010. Concentration of four heavy metals (cadmium, lead, mercury, and arsenic) in organs of two cyprinid fish (*Cyprinus carpio* and *Capoeta* sp.) from the Kor River (Iran). *Environmental Monitoring and Assessment* 168: 575–585.

وزن این دو بافت در کپور وحشی مشاهده کردند (۱). هولیا و انلو در سال ۲۰۰۰ میزان فلز روی و مس در بافت عضله ماهی کپور معمولی سد آتاتورک ترکیه را به ترتیب ۷۶/۴۶ و ۹/۲۵ و در بافت کبد، ۷۶/۴۶ و ۹/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گزارش کردند میزان فلز جیوه در این دو بافت ماهی قابل شناسایی نبود (۹). لیونگ و همکاران ۲۰۱۵ غلظت میزان روی و مس را در بافت عضله ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idellus*) را به ترتیب ۱۵/۷ و ۰/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند (۱۰).

طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژی، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آب، فصل صید و خواص فیزیکی شیمیایی آب از دیگر عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌باشند (۸ و ۲۲). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سن، وزن و طول‌های مختلف در ماهیان کپور منابع مختلف وجود ندارد. در مقالات مختلف نتایج متفاوتی از ارتباط بین فلزات تجمع یافته با شاخص‌های زیستی ماهیان ارائه شده است. به طوری که طباطبایی و همکاران در سال ۲۰۱۱، بیان نمودند که هیچ ارتباطی بین سطح غلظت فلزات در بافت با طول، وزن و سن ماهی وجود ندارد (۱۹). محمدی و همکاران در سال ۲۰۱۵ گزارش دادند که با افزایش طول میزان جذب فلزات سنگین افزایش می‌یابد (۱۶).

پورهنگ و همکاران در سال ۲۰۰۵ همبستگی منفی بین اندازه ماهی و سطوح عناصر را به دلیل رشد سریعتر ماهی از تجمع فلزات در بافت‌ها، سرعت متابولیسم بالاتر و عادات تغذیه‌ای در طول دوره رشد عنوان کرده‌اند (۱۸). همچنین با توجه به رابطه مستقیم نرخ متابولیک در آبزیان و نرخ جذب آلودگی، انباشتگی فلزات سنگین در افراد جوان‌تر، بالاتر تفسیر می‌گردد.

یافته‌های نشان داده‌اند که برای فلزات سنگین در دو جنس نر و ماده اختلاف وجود دارد که این تفاوت‌ها ناشی از تفاوت در کارکرد هورمون‌های گنادوتروپین در دو جنس، زاد آوری و تخم‌ریزی در جنس ماده باشد (۱۵). نتایج این مطالعه نشان داد که جنسیت با تجمع میزان جیوه و روی دارای ارتباط معنی‌داری است به طوری که میزان جیوه در ماهی جنس نر با جنس ماده و مقدار روی در جنس ماده با جنس نر اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند ($P < 0.05$) (نمودار ۱۰). بر اساس نتایج بدست آمده میزان مس در جنس ماده نیز بیشتر از نر بوده، هر چند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$) (نمودار ۱۰). فابریس و همکاران در سال ۲۰۰۶ نشان دادند که در اکثر موارد در ماهی زمین کن (*Platycephalus bassensis*) و لابستر (*Jasus edwardsis*) و آبالون (*Haliotis rubra*) بین غلظت عناصر در بدن موجود و در جنس‌های نر و ماده ماهی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (۷).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج بدست آمده میزان فلز جیوه در مقایسه با سایر فلزات سنگین کمترین و فلز روی بیشترین مقدار را دارا می‌باشد (جدول ۲). مقایسه نتایج بدست آمده در بافت عضله با استانداردهای جهانی نشان داد که مقدار جیوه در کپور پرورشی از حد مجاز این استانداردها بالاتر

7. Fabris, G., N.J. Turoczy and F. Stagnitti. 2006. Trace metals concentration in edible tissue of snapper, flathead, lobster and abalone from coastal waters of Victoria, Australia. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 63(2): 286-292.
8. Fialkowski, W., E. Fialkowska, B.D. Smith and P.S. Rainbow. 2003. Biomonitoring survey of trace metal Pollution in streams of a catchment draining a zinc and leadmining area of upper Silesia, Poland using the amphipod *Gammarus fossarum*. *International Review of Hydrobiology* 88(3): 187-200.
9. Hulya, K. and E. Unlu. 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere* 41: 1371-1376.
10. Leung, H.M., A.O.W. Leung, H.S. Wang, K.K. Ma, Y. Liang, K.C. Ho, K.C. Cheung, F. Tohidi and K.K.L. Yung. 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* 78 (1-2): 235-245.
11. Karadede, H., S.A. Oymak and E. Unlu. 2004. Heavy metals in mullet, Liza abu, and catfish, Silurus triostegus, from the Ataturk Dam Lake (Euphrates). *Environmental International* 30 (2): 183-188.
12. Kazi, T.G., N. Jalbani, J.A. Baig, G.A. Kandhro, H.I. Afridi, B.M. Arain, M.K. Jamali and A.Q. Shah. 2009. Assessment of toxic metals in raw and Processed milk samples using electrothermal atomic absorption spectrophotometer. *Food and Chemical Toxicology* 47: 2163-2169.
13. Khattabi, H., L. Aleya and J.M. ania. 2006. Spatio-temporal evolution and characterization of Phytoplankton Populations in landfill leachate treatment basins. *Water, Air, and Soil Pollution* 174: 107-125.
14. Martin-Diaz, M.L., J. Blasco, M. Gonzalez de Canales, D. Sales and T.A. Delvalls. 2005. Bioaccumulation and toxicity of dissolved heavy metals from the Guadalquivir Estuary after the Aznalcollar mining spill using Ruditapes Philippinarum. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 48(2): 233-241.
15. Marijic, V.F. and B. Raspor. 2006. Age- and tissue-dependent metallothionein and cytosolic metal distribution in a native Mediterranean fish, *Mullus barbatus*, from the Eastern Adriatic Sea. *Comparative Biochemistry and Physiology* 143: 382-387.
16. Mohammadi, M., A. Askary Sary and M. Khodadadi. 2011. Determination of heavy metals in two barbs, *Barbus grypus* and *Barbus xanthopterus* in Karoon and Dez Rivers, Khoozestan, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination* 6 (3): 217 - 221.
17. Mukherjee, S., S. Mukherjee, P. Bhattacharyya and A.K. Duttagupta. 2004. Heavy metal levels and esterase variations between metal-exposed and unexposed duckweed Lemna minor: Field and laboratory studies. *Environment International* 30 (6): 811-814.
18. Pourang, N., J.H. Dennis and H. Ghourchian. 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.
19. Tabatabaie, T., M.R. Ghomi Amiri and R. Zamani-ahmadmoodi. 2011. Comparative study of mercury accumulation in two fish species, (*Cyprinus carpio* and *Sander lucioperca*) from Anzali and Gomishan Wetlands in the Southern Coast of the Caspian Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 87 (3): 674-677.
20. Türkmen, M., A. Türkmen, Y. Tepe, Y. Tore and A. Ates. 2009. Determination of metals in fish species from Aegean and species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry* 113(4): 233-237.
21. Vukosav, P., M. Mlakar, N. Cukrov Kwokal, I. Pizeta, N. Pavlus, I. Spoljaric, M. Vurnek, A. Brozincevic and D. Omanovic. 2014. Heavy metal contents in water, sediment and fish in a karst aquatic ecosystem of the Plitvice Lakes National Park (Croatia). *Environmental Science and Pollution Research* 21 (5): 3826-39.
22. Zhang, C., Q. Qiao, J.D.A. Piper and B. Huang. 2011. Assessment of heavy metal Pollution from a Fe-smelting Plant in urban river sediments using environmental magnetic and geochemical methods. *Environmental Pollution* 159: 3057-3070.

