

پایش جیوه تجمع یافته در بافت‌های مختلف ماهی کپورنقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)

دریاچه سد قشلاق سنندج

مهدی خوشناموند^۱، شهرام کبودوندپور^۲، فرزاد غیائی^۳

نویسنده مسئول: سنندج، بلوار پاسداران، دانشگاه کردستان، دانشکده منابع طبیعی، گروه محیط زیست s.kaboodvandpour@uok.ac.ir

پذیرش: ۸۹/۰۳/۲۹

دریافت: ۸۹/۰۲/۰۴

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی منابع آب، همواره نگرانی‌هایی در مورد سلامت و بهداشت محصولات دریایی به خصوص گوشت ماهی و احتمال آلودگی آنها به فلزات سنگین پدید آورده است. لذا این پژوهش با هدف سنجش غلظت جیوه کل تجمع یافته در بافت‌های مختلف ماهی کپورنقره‌ای سد قشلاق سنندج به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین ماهی‌های منطقه و مقایسه آن با استانداردهای بهداشتی موجود و نیز تاثیر آن بر سلامت شهروندان طراحی شد.

روش بررسی: تعداد ۲۴ نمونه ماهی کپورنقره‌ای در خلال ماه‌های تیر تا آذر ۱۳۸۸ از دریاچه سد قشلاق سنندج به صورت کاملاً تصادفی صید، سپس از سه بافت عضله سفید، عضله قرمز و کبد، نمونه‌هایی تهیه و غلظت جیوه کل تجمع یافته در این بافت‌ها با استفاده از دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه (Model, Leco 254 AMA) اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: میانگین جیوه کل در بافت عضله سفید (میانگین \pm خطای استاندارد) $26/43 \pm 367$ ، بافت عضله قرمز $32/22 \pm 311$ و برای بافت کبد $28/70 \pm 251$ بر حسب $ng\ g^{-1}$ وزن خشک بود. مقایسه میانگین‌های ماهانه جیوه کل تجمع یافته در همه بافت‌ها به جز بافت عضله سفید ($0/2332$) $(F_{2, 18} = 1/52, P = 0/05)$ اختلاف معنی‌داری را از خود نشان دادند ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: غلظت جیوه کل تجمع یافته در بافت‌های عضله سفید و عضله قرمز کل ماهی‌هایی که وزن بیش‌تر از ۸۵۰ گرم داشتند، از استاندارد تعریف شده EPA، WHO، FAO بالاتر بود. این نتایج می‌توانند یک هشدار جدی برای مصرف این ماهی تلقی شوند.

واژگان کلیدی: ماهی کپورنقره‌ای، فلزات سنگین، جیوه، بافت‌های عضله‌ای، کبد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

۲- دکترای محیط زیست طبیعی، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

۳- دکترای بهداشت و بیماری‌های آبزیان، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

مقدمه

در بین فلزات سنگین، جیوه فلزی منحصر به فرد است که در طبیعت به اشکال متفاوت آلی و معدنی دیده می شود (۱ و ۲). تحقیقات مختلف نشان داده که متیل جیوه از ترکیبات معدنی جیوه سمی تر است (۳). جیوه به شدت نورو توکسیک (Neurotoxic) بوده و در اکثر بافت های موجودات زنده و به خصوص در بافت های مغز و کبد تجمع می یابد، به طوری که عمر بیولوژیکی آن به ۲۰ سال می رسد و باعث ایجاد عوارض و ناهنجاری های گوناگونی در بدن انسان ها می گردد که نمونه بارز آن فاجعه میناماتای ژاپن بود (۴). عمده متیلاسیون جیوه معدنی توسط باکتری های موجود در رسوبات کف منابع آبی صورت می گیرد. متیل جیوه می تواند از طریق دو ویژگی تجمع زیستی (Bioaccumulation) و بزرگنمایی زیستی (Biomagnification) در طول زنجیره های غذایی انباشته شود. بزرگنمایی زیستی حالتی است که غلظت یک ماده آلوده کننده به صورت تصاعدی در خلال انتقال ماده از یک افق غذایی به افق غذایی بالاتر در بافت های زنده تجمع می یابد، بزرگنمایی زیستی بیش تر در محیط های آبی اتفاق می افتد (۵). جیوه هیچ گونه فعالیت متابولیک شناخته شده ای در بدن انسان ها ندارد (۲). جیوه از راه های گوناگون گوارشی، تنفسی و پوستی می تواند وارد بدن انسان شود. میزان تجمع زیستی جیوه در بافت های زنده تابع عواملی هم چون فیزیولوژی بدن، گونه، شرایط محیطی، سن و عادات غذایی موجود زنده است (۶). تقریباً مقدار بسیار بالایی از متیل جیوه از طریق معده می تواند جذب خون گردد و سبب اختلال در دستگاه گردش خون از جمله اختلالات فشار خون می شود (۷). در صورتی که ۶۰ - ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم (ppm) متیل جیوه در یک دوره زمانی خیلی کوتاه مصرف شود، می تواند سبب آسیب رساندن به کلیه ها، نابودی عروق و حتی منجر به مرگ شود (۸). هم چنین جیوه می تواند سبب اختلال در عملکرد طبیعی سیستم تنفسی، سیستم عصبی، گردش خون، تولید مثل و اختلالات بافتی در موجودات زنده گردد (۶).

در مناطقی که ماهی و دیگر محصولات دریایی غذای اصلی مردم آنجا را تشکیل می دهند، شکل آلی جیوه یکی از منابع اصلی تجمع زیستی جیوه در بافت های مختلف بدن انسان است (۹). بنابراین مصرف محصولات شیلاتی، که متیل جیوه در بافت آنها تجمع یافته باشد به منزله یک خطر پنهانی برای سلامت انسان تلقی می شود (۵). بافت های مختلف ماهی ظرفیت تجمع زیستی متفاوتی برای تجمع اشکال آلی و غیر آلی جیوه را دارند و از این لحاظ می توانند شاخص زیستی خوبی برای بررسی میزان آلودگی جیوه موجود در اکوسیستم های آبی باشند (۱۰). مطالعات متعددی در نقاط مختلف جهان برای سنجش میزان جیوه تجمع یافته در بافت های گوناگون گونه های متفاوت ماهی و سایر آبزیان صورت گرفته است (۱، ۴ و ۱۱). ولی تاکنون تجمع زیستی جیوه در عضله قرمز ماهی و مقایسه آن با سایر بافت ها مورد بررسی قرار نگرفته است. بر اساس تحقیقات انجام شده، عضلات ماهی در سه دسته عضلات قرمز (کند)، عضلات سفید (سریع) و عضلات صورتی (بینابینی) گروه بندی می شوند. عضلات قرمز در میلی متر مکعب، دارای عروق مویرگی بسیار زیادی هستند. رنگ قرمز عضلات به دلیل غلظت زیاد رنگدانه های قرمز متصل به اکسیژن در خون و جنس خود بافت عضله قرمز (میوگلوبین) است. عضله قرمز ضمن تامین اکسیژن لازم برای میتوکندری سلول ها، امکان شنای مداوم ماهی را فراهم می سازد. کلیه فرایندهای متابولیکی در این نوع بافت به صورت هوازی صورت می گیرد (۱۲). به دلیل وجود مویرگ های فراوان در بافت عضله قرمز به نظر می آید که این بافت بیش تر از سایر بافت های ماکول ماهی (عضله سفید) در معرض تجمع زیستی جیوه قرار بگیرد. با توجه به این واقعیات از یک سو و اهمیتی که ماهی کپورنقره ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) در سبد غذایی مردم منطقه از سوی دیگر، به عنوان یک گونه پرمصرف و نسبتاً ارزان دارد و نیز گزارش حد غیر مجاز جیوه در آب سد قشلاق سنندج توسط Amani (۱۳)، ضرورت اجرای یک طرح مطالعاتی با هدف سنجش میزان جیوه تجمع

یافته در سه بافت عضله سفید، عضله قرمز و کبد ماهی کپور نقره‌ای در سد قشلاق سنندج و مقایسه نتایج با استانداردهای جهانی، برای بررسی کیفیت بهداشتی مصرف گوشت این ماهی به وضوح نشان داد. با توجه به مشاهدات میدانی به عمل آمده در حوزه‌های آبریز منتهی به دریاچه سد قشلاق مشخص شد در منطقه هیچ نوع فعالیت صنعتی خاصی صورت نمی‌گیرد و عمده کشاورزی منطقه مبتنی بر کشاورزی دیم و بدون مصرف هر گونه کود یا آفت کش است. هم چنین با توجه به جمعیت انسانی اندک ساکن در طول مسیر دو رودخانه اصلی (چهل‌گزی و قشلاق) تغذیه کننده دریاچه سد قشلاق سنندج و نیز گزارش اکبرپور و نصیری (۱۴) مبنی بر وجود مقادیر فراوان جیوه در ترکیب سنگ‌های مادرین حوزه‌های آبریز منتهی به سد قشلاق، به نظر می‌رسد که آلودگی آب دریاچه سد قشلاق سنندج به فلز سنگین جیوه، منشا طبیعی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

الف. معرفی منطقه، روش نمونه برداری و مطالعات زیست‌سنجی

محل اجرای این پژوهش سد قشلاق سنندج ("۵۸' ۲۶° ۳۵° عرض شمالی و "۱۰' ۵۹' ۴۶° طول شرقی) با مساحت ۸/۵ کیلومتر مربع و ظرفیت ۲۲۴ میلیون مترمکعب آب، در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهرستان سنندج واقع در استان کردستان بود. سد قشلاق مهم ترین منبع تامین آب شرب و مهم ترین منبع تولید محصولات شیلاتی پر جمعیت ترین شهر استان کردستان یعنی شهر سنندج محسوب می‌شود. تعداد ۲۴ نمونه ماهی کپور نقره‌ای به صورت ماهانه و هر ماه چهارنمونه به صورت کاملاً تصادفی، در خلال ماه‌های تیر تا آذر سال ۱۳۸۸ از نقاط مختلف دریاچه سد با استفاده از تور گوش گیر با چشمه ۵ × ۵ سانتی متری صید شد. نمونه‌ها پس از صید به صورت زنده به آزمایشگاه زیست‌شناسی ماهی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان جهت مطالعات زیست‌سنجی، تعیین جنسیت از روی گنادهای جنسی و تهیه نمونه بافت و آماده سازی نمونه‌ها برای سنجش غلظت جیوه کل در سه

ب. روش تهیه نمونه‌های بافت عضله قرمز، سفید و کبد و دستگاه‌های مورد استفاده

پس از عملیات زیست‌سنجی، پوست ماهی از ناحیه خلفی آبشش‌ها تا انتهای ساقه دمی به طور کامل جدا شد و ابتدا مقدار ۱۰ گرم بافت عضله قرمز که در امتداد خط جانبی و بر روی بافت عضله سفید قرار دارد برداشته شده و سپس به همان مقدار از بافت عضله سفید نیز نمونه تهیه شده و پس از قرار دادن نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار کوچک، تا زمان اندازه‌گیری جیوه کل در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند (۱۵). برای تهیه بافت کبد پس از شکاف ناحیه شکم ماهی، کل بافت کبد از ناحیه سینه‌ای و شکمی جدا شده و به روش فوق تا زمان اندازه‌گیری جیوه کل نگه‌داری گردید. از آنجایی که متیل جیوه ترکیبی فرار است برای جلوگیری از تبخیر متیل جیوه در هر ماه نمونه‌های بافت توسط دستگاه فریز درایر (Model, OPERON) در دمای ۵۴- درجه سانتی‌گراد زیر صفر به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. در ادامه از هر نمونه ی بافت خشک شده، مقدار ۵۰ میلی گرم جدا و غلظت جیوه کل تجمع یافته در آن به وسیله دستگاه پیشرفته اندازه‌گیری جیوه (Model; Leco 254 AMA) در آزمایشگاه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس با استاندارد ASTM, D-6722 بر حسب $ng\ g^{-1}$ وزن خشک اندازه‌گیری شد (۱۶).

ج. تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل نتایج و رسم نمودارها، به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS (Ver.9/1) و Excel (Office, ۲۰۰۷) استفاده شد. آزمون‌های کولموگروف - سمیرنوف و لون به ترتیب برای مشخص شدن تابعیت داده‌ها از توزیع نرمال و هم‌گنی واریانس داده‌های به دست آمده انجام شد. پس

بین میانگین های ماهانه جیوه تجمع یافته در سه بافت عضله سفید، عضله قرمز و کبد بود. کم ترین غلظت جیوه تجمع یافته در بافت کبد مشاهده شد. تغییرات میانگین های ماهانه جیوه تجمع یافته در بافت های کبد و عضله قرمز در خلال فصول نمونه برداری به ترتیب دارای اختلاف معنی دار بودند ($P=0/0159$, $F_{5,18} = 3/80$) و ($F_{5,18} = 3/79$, $P=0/0161$) در همان فاصله زمانی اما تغییرات میانگین های ماهانه جیوه تجمع یافته در بافت های عضله سفید ($F_{5,18} = 1/52$, $P=0/2332$) فاقد اختلاف معنادار بودند. مقایسه میانگین جیوه تجمع یافته و روند تغییرات ماهانه جیوه تجمع یافته در سه بافت عضله سفید، عضله قرمز و کبد به ترتیب در شکل های ۱ و ۲ نمایش داده شده اند. غلظت جیوه تجمع یافته در بافت های عضله سفید، عضله قرمز و کبد با هر سه متغیر زیستی طول استاندارد، وزن و سن هم بستگی معنی دار و مثبتی از خود نشان دادند ($P < 0/05$). میانگین های غلظت جیوه تجمع یافته در بافت های عضله سفید، عضله قرمز و کبد دو جنس نر و ماده ماهی کپور نقره ای با یکدیگر مقایسه شدند و هیچ گونه اختلاف معنی داری را از خود نشان ندادند ($P=0/2787$, $t_{22} = 1/11$ ، $t_{22} = 1/66$, $P=0/1117$) و ($t_{22} = 1/97$, $P=0/0617$). هم چنین نتایج نشان داد از کل نمونه های صید شده که دارای وزنی بین ۳۰۰ تا ۱۰۲۰ گرم بودند، ۸ درصد نمونه های عضله سفید، ۱۲ درصد از نمونه های عضله قرمز و ۸ درصد از نمونه های کبد دارای غلظت جیوه ای بیش تر از استاندارد اعلام شده برای مصرف، ماهی آلوده به فلز سنگین جیوه (500 ng g^{-1}) توسط WHO و FAO بودند. باتوجه به این که حد مجاز جیوه اعلام شده در بافت های

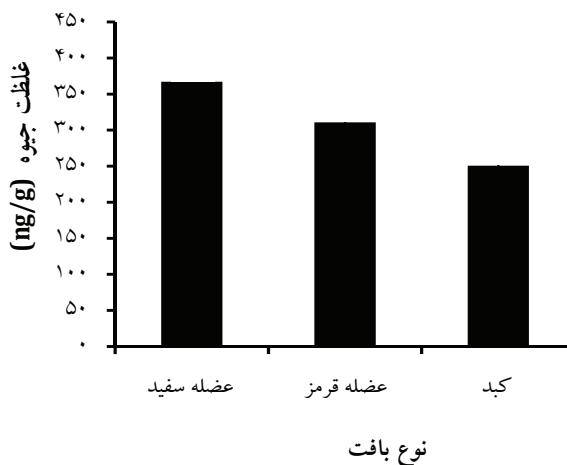
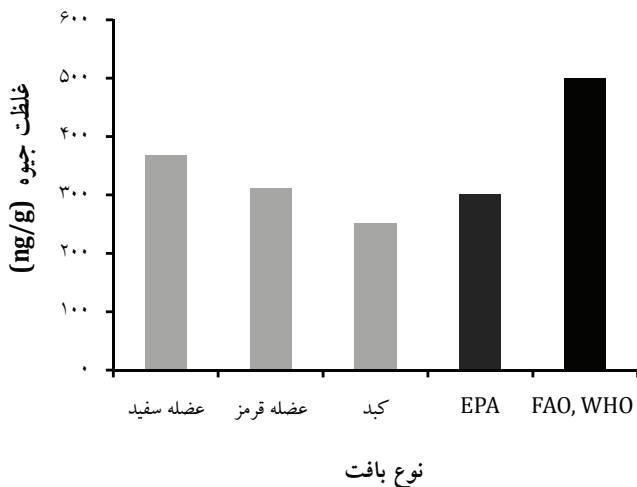
از اطمینان یافتن از نرمال بودن داده ها، میانگین های غلظت جیوه تجمع یافته در بافت های عضله سفید، عضله قرمز و کبد با استفاده از تجزیه واریانس (ANOVA) مقایسه و در صورت وجود اختلاف معنی دار، میانگین های ماهانه با استفاده از آزمون دانکن (Duncan) برای بررسی روند تغییرات ماهانه جیوه در خلال این تحقیق با یکدیگر مقایسه شدند. هم چنین جهت مقایسه میانگین غلظت جیوه تجمع یافته بین دو جنس نر و ماده در سه بافت، از آزمون t-test استفاده شد.

یافته ها

نتایج حاصل از زیست سنجی سه متغیر زیستی (طول استاندارد، وزن و سن) مربوط به کپور نقره ای صید شده در سد قشلاق سنندج به طور خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر جیوه تجمع یافته در بافت های عضله سفید، عضله قرمز و کبد به ترتیب بین مقادیر ۷۸۰ - ۱۴۰، ۷۴۱ - ۱۲۵ و ۵۵۶ - ۱۰۱ بر حسب ng g^{-1} وزن خشک متغیر بودند. نتایج نشان داد که تجمع زیستی جیوه در بافت عضله سفید ($367 \pm 26/43 \text{ ng g}^{-1}$) بیش تر از بافت عضله قرمز ($311 \pm 32/22 \text{ ng g}^{-1}$) و بافت کبد (2870 ± 251) بود. مقایسه غلظت جیوه کل تجمع یافته در بافت های عضله سفید، عضله قرمز و کبد با استفاده از تجزیه واریانس، نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در بین این سه بافت بود ($P=0/0278$, $F_{2,69} = 3/78$) میانگین غلظت جیوه در بافت عضله سفید در تمام ماه های اندازه گیری به جز تیر ماه بیش تر از سایر بافت ها بود. هم چنین نتیجه آزمون دانکن بیانگر وجود اختلاف معنی داری ($P < 0/05$)

جدول ۱: خلاصه نتایج مطالعه زیست سنجی نمونه های ماهی کپور نقره ای صید شده از سد قشلاق سنندج بر حسب حداقل، حداکثر و میانگین در حد فاصل ماه های تیر تا آذر ۱۳۸۸

متغیر	طول استاندارد (cm)	وزن (g)	سن (سال)
حداقل	۲۶/۶	۳۰۰	۲
حداکثر	۴۱/۵	۱۰۲۰	۵
میانگین \pm خطای استاندارد	$33/79 \pm 0/70$	$665/77 \pm 36/94$	۳/۵



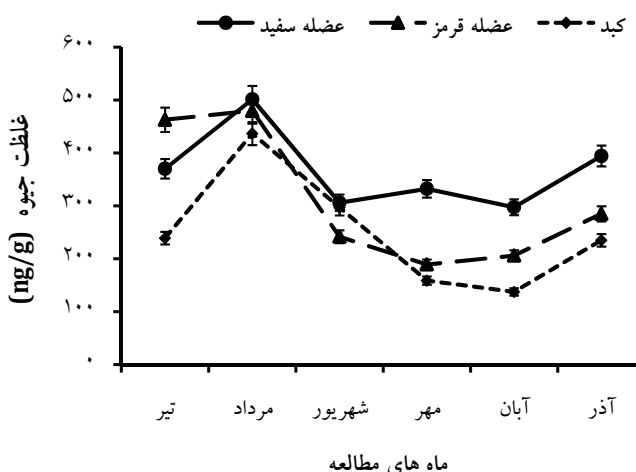
شکل ۳: مقایسه میانگین غلظت جیوه تجمع یافته در سه بافت عضله سفید، قرمز و کبد ماهی کپورنقره‌ای سد قشلاق سنندج با استانداردهای پذیرفته شده جهانی

شکل ۱: مقایسه میانگین \pm خطای استاندارد جیوه تجمع یافته در بافت‌های عضله سفید، عضله قرمز و کبد ماهی کپور نقره‌ای سد قشلاق سنندج ($P < 0/05$)

بحث و نتیجه گیری

امروزه اهمیت اندازه گیری و سنجش میزان عناصر سنگین در بافت‌های مختلف آبریان به دو مبحث مهم مدیریت اکوسیستم و سلامت غذایی انسان‌ها باز می‌گردد (۱۷). مطالعات زیادی نشان داده اند که بافت کبد در مقایسه با بافت عضله به علت فعالیت بیش تر این اندام، میزان بیش تری جیوه را در خود جمع آوری می‌کند (۱۸ و ۱۹). اما نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین کل و ماهانه جیوه تجمع یافته در بافت کبد ماهی کپورنقره‌ای سد قشلاق سنندج کم تر از دو بافت عضله سفید و عضله قرمز است. شاید دلیل این امر تجمع کم تر جیوه الی در بافت کبد به دلیل فرایند مداوم دمتیلاسیون (Dimethylation) در این بافت و تبدیل شدن دائمی شکل الی جیوه (متیل جیوه) به شکل معدنی با هدف کاهش سمیت جیوه باشد (۲۰). از سوی دیگر Kannan و همکارانش (۱۹۹۸) بیان کرده‌اند که به دلیل وجود سیستمین پروتیین در بافت‌های ماهیچه‌ای گاهی نسبت متیل جیوه به جیوه کل تا ۸۰٪ در این بافت‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، جیوه در بافت ماهیچه بر خلاف بافت کبد

ماهی توسط EPA، 300 ng g^{-1} اعلام شده است، ۷۱ درصد نمونه‌های عضله سفید، ۳۷/۵ درصد نمونه‌های عضله قرمز و ۳۳ درصد نمونه‌های کبد دارای جیوه‌ای بیش تر از این استاندارد بودند. در شکل ۳ مقایسه‌ای بین میانگین غلظت جیوه تجمع یافته در سه بافت عضله سفید، قرمز و کبد ماهی کپورنقره‌ای سد قشلاق سنندج با استانداردهای پذیرفته شده جهانی صورت گرفته است.



شکل ۲: تغییرات میانگین ماهانه جیوه تجمع یافته در سه بافت عضله سفید، عضله قرمز و کبد ماهی کپورنقره‌ای سد قشلاق سنندج در سال ۱۳۸۸

نمونه‌ها در خلال ۶ ماه و به صورت کاملاً تصادفی صید شدند. هم چنین کاهش مقدار جیوه تجمع یافته در حد فاصل ماه‌های شهریور تا آبان نیز می‌تواند ناشی از کاهش عوامل ذکر شده باشد. نتایج مشابهی توسط Romeo و همکاران در سال ۱۹۹۹ و Burger و همکاران در سال ۲۰۰۷ نیز در زمینه افزایش میزان فلز جیوه همگام با افزایش سن، طول و وزن گزارش شده است (۱۷ و ۱۱). تجمع زیستی، بالا بودن نیمه عمر و ماندگاری جیوه در بدن از دلایل عمده افزایش مقادیر آن همگام با افزایش وزن، سن و طول بدن می‌باشند (۲۳). مشخص شد که جنسیت تاثیری بر تجمع جیوه در سه بافت عضله سفید، عضله قرمز و کبد ماهی کپورنقره‌ای سد قشلاق سنندج ندارد که توسط مطالعات مشابه نیز تایید شده است (۲۴). با توجه به اثبات حضور جیوه در بافت های ماهی کپورنقره ای انجام مطالعات تکمیلی برای بررسی تاثیرات احتمالی مصرف این ماهی بر سلامت انسان ضروری به نظر می‌رسد. حد مجاز جیوه اعلام شده توسط WHO و FAO برای همه بافت‌های ماهی، بدون در نظر گرفتن نوع ماهی 500 ng g^{-1} و برای استاندارد EPA مقدار 300 ng g^{-1} می‌باشد (۱۵ و ۲۵). غلظت جیوه تجمع یافته در بافت های عضله‌ای ماهی کپور نقره‌ای دریاچه سد قشلاق سنندج که اتفاقاً بخش ماکول این ماهی را نیز تشکیل می‌دهند در نمونه‌هایی که وزن‌شان بیش تر از ۸۵۰ گرم بود در طول تمام ماه‌های انجام این تحقیق بیش تر از استانداردهای EPA، WHO و FAO بود. لذا نتایج ما می‌تواند به عنوان یک هشدار جدی برای مصرف این نوع ماهی در منطقه تلقی شود.

منابع

1. Storelli MM, Giacomini R, Marcotrigiano GO. Total and methylmercury residues in cartilaginous fish from Mediterranean Sea. Mar Pollut Bull. 2002;44(12):1354-58.
2. Zalups RK. Molecular interactions with mercury in the kidney. Pharmacol Rev. 2000;52(1):113-43.
3. Hempel M, Chau YK, Dutka BJ, McInnis R, Kwan KK, Liu D. Toxicity of organomercury compounds: bioassay results as a basis for risk assessment. Analyst.

عمدتاً به شکل آلی خود وجود دارد (۲۱). هم چنین با توجه به عدم رشد صنعت و زراعت مکانیزه عمده در اطراف حوضه آبریز سد قشلاق سنندج، به نظر می‌رسد عمده جیوه موجود در آب این سد دارای منشأ طبیعی بوده (۱۴) و بخش اعظم جیوه موجود در آب این سد بر اثر فرایند متیلاسیون جیوه توسط باکتری های بی هوازی موجود در رسوبات این سد به صورت آلی باشد که قابلیت بیش تری برای تجمع در بافت‌های ماهیچه‌ای دارد. هم چنین برخی از مطالعات دیگر نیز قبلاً تجمع بیش تر جیوه در بافت عضله را نسبت به بافت کبد گزارش کرده‌اند (۱۱ و ۲۲). از آنجایی که بافت عضله قرمز در هر میلی متر مکعب، دارای عروق مویرگی بسیار زیادی است و حاوی مقادیر زیاد هموگلوبین بوده و به صورت هوازی فعالیت می‌کند، انتظار می‌رفت که این بافت در مقایسه با بافت عضله سفید حاوی مقادیر بیش تری از جیوه باشد ولی نتایج این تحقیق خلاف این انتظار را نشان داد. شاید دلیل این امر، اکسیداسیون مداوم ترکیبات آلی جیوه در این بافت به دلیل وفور اکسیژن باشد (۱۲). این مطلب باید در مقیاسی وسیع تر و در مورد گونه‌های مختلف ماهی مورد بررسی قرار گیرد همچنین این مطالعه نشان داد که با افزایش وزن و طول و به تبع آن بلوغ، میزان جیوه تجمع یافته در بافت‌های مختلف ماهی کپورنقره‌ای سد قشلاق سنندج بیش تر می‌شود. به نظر می‌رسد مقدار بالای جیوه تجمع یافته در هر سه بافت در مردام ماه ناشی از وزن و سن بالای نمونه‌های صید شده در این ماه باشد. زیرا همان طور که در بخش روش صید و نمونه‌گیری شرح داده شد،

1995;120(3):721-24.

4. Agusa T, Kunito T, Iwata H, Monirith I, Tana TS, Subramanian A, et al. Mercury contamination in human hair and fish from Cambodia: levels, specific accumulation and risk assessment. Environmental Pollution. 2005;134(1):79-86.
5. Ebinghaus R, Hintelmann H, Wilken RD. Mercury cycling in surface waters and in the

- atmosphere species analysis for the investigation of transformation and transport properties of mercury. *Fresenius J Anal Chem.* 1994;350:21–29.
6. Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution.* 2003;121(1):129-36.
 7. Vupputuri S, Longnecker MP, Daniels JL, Xuguang G, Sandler DP. Blood mercury level and blood pressure among US women: results from the national Health and Nutrition Examination Survey 1999–2000. *Environmental Research.* 2005;97(2):195–200.
 8. USEPA. Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories: Volume II, risk assessment and fish consumption limits. USA: United States Environmental Protection Agency; 2000 [cited 12 March 2010]. Available from: <http://www.epa.gov/waterscience/fish/advice/volume2/v2cover.pdf>.
 9. Gomez-Ariza JL, Lorenzo F, Garcia-Barrera T. Guidelines for routine mercury speciation analysis in seafood by gas chromatography coupled to a home-modified AFS detector: Application to the Andalusian coast (south Spain). *Chemosphere.* 2005;61(10):1401-409.
 10. Gochfeld M. Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption, *Ecotoxicol Environ Saf.* 2003;56(1):174–79.
 11. Burger J, Gochfeld M. Risk to consumers from mercury in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) from the Aleutians: Fish age and size effects. *Environmental Research.* 2007;105:276–84.
 12. Freadman MA. Role partitioning of swimming musculature of striped Bass *Morone saxatilis* Walbaum and Bluefish, *Pomatomus saltatrix* L. *Journal of Fish Biology.* 2006;15(4):417-23.
 13. Amani K. Evaluation of water quality in Sanandaj Gheshlagh Dam watersheds. Kurdistan Environment Organization, Sanandaj, Iran, 2008 Jul. Report no. KEO1386-08 (in Persian).
 14. Akbarpour A, Nasri F. Assessment of heavy metals pollution in Gheshlagh Dam watersheds, Sanandaj, Iran. *Proceedings of the 22nd Symposium on Geo Science*; 2004 Dec 12; Tehran: National Geo Science of Iran; 2004 (in Persian).
 15. Voegborlo RB, Akagi H. Determination of mercury in fish by cold vapor atomic absorption spectrometry using an automatic mercury analyzer. *Food Chemistry.* 2007;100(2):853–58.
 16. Houserova P, Kuban V, Kracmar S, Sitko J. Total Mercury and Mercury Species in Birds and Fish in an Aquatic Ecosystem in the Czech Republic. *Environmental Pollution.* 2007;145(1):185-94.
 17. Romeo M, Siau Y, Sidoumou Z, Gnassia-Barelli M. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *Science of the Total Environment.* 1999;232(3):169–75.
 18. Regine MB, Gilles D, Yannick D, Alain B. Mercury distribution in fish organs and food regimes: Significant relationships from twelve species collected in French Guiana (Amazonian basin). *Science of the Total Environment.* 2006;368(1):262–70.
 19. Bebianno M.J, Santos C, Canario J, Gouveia N, Sena-Carvalho D, Vale C. Hg and metallothionein-like proteins in the black scabbard fish *Aphanopus carbo*. *Food and Chemical Toxicology.* 2007;45(8):1443–52.
 20. Young RA. Toxicity summary for methyl mercury. Tennessee: Oak Ridge Reservation Environmental Restoration Program (RAIS: Methyl Mercury); 1992 [cited 15 May 2010]. Available from: <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/methyl-mercury-f-V1.shtml>.
 21. Kannan K, Smith RG, Lee RF, Windom HL, Heitmuller PT, Macauley JM, Summers JK. Distribution of total mercury and methyl mercury in water, sediment, and fish from south Florida estuaries. *Arch Environ Contam Toxicol.* 1998;34(2):109-18.
 22. Farkas A, Salanki J, Specziar A. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. *Water Research.* 2003;37(5):959-64.
 23. McCoy CP, Hara TM, Bennett LW, Boyle CR, Lynn BC. Liver and kidney concentrations of zinc, copper and cadmium in channel catfish (*Ictalurus punctatus*): variation due to size, season and health status. *Vet Hum Toxicol.* 1995;37(1):11–15.
 24. Jewett SC, Zhang X, Naidu AS, Kelly JJ, Dasher D, Duffy LK. Comparison of mercury and methyl mercury in northern pike and Arctic gray ling from western Alaska Rivers. *Chemosphere.* 2003;50(3):383-92.
 25. Jewett SC, Duffy LK. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. *Science of the Total Environment.* 2007;387(1-3):3–27.

A Survey on Accumulated Mercury in Different Tissues of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) from Sanandaj Gheslugh Dam

Khoshnamvand M.¹, *Kaboodvandpour Sh.¹, Ghiasi F.²

¹Department of Environmental Sciences, Natural Resources Faculty, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran

²Department of Fisheries, Natural Resources Faculty, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran

Received; 24 April 2010 Accepted; 20 July 2010

ABSTRACT

Backgrounds and Objectives: There have been always concerns regarding to consumption of aquatic products, particularly fish, due to the possibility of heavy metals bioaccumulation in aquatic creatures organs, throughout the world. A research project was carried out to assess the level of concentrated total mercury in different tissues of Silver carp as the most consumed fish from Sanandaj Gheslugh reservoir in the region.

Materials and Methods: Twenty four silver carp were captured randomly during July to December 2009. Prior measuring mercury concentrations in white muscle, red muscle and liver tissues by Advanced Mercury Analyzer (Model; Leco, 254 AMA) on the dry weight basis, biometry procedure was done.

Results: Mean accumulated mercury in white muscle, red muscle and liver tissues were 367 (S.E.± 26.43), 311 (S.E.± 32.22) and 251 (S.E.± 28.70) ng gr⁻¹ on the dry weight basis, respectively. Pair comparisons between the level of concentrated mercury in all tissues, except white muscle tissues ($F_{5,18} = 1.52$, $P = 0.2332$) showed a significant difference ($P < 0.05$).

Conclusion: The level of accumulated mercury in muscle and liver tissues of all samples weighted above 850 grams were higher than the established limits by WHO, FAO and EPA. Our results emphasis that the consumption of silver carp from Sanandaj Gheslugh Reservoir might place the health of all those peoples who live in the region at risk.

Key words: Silver carp, Heavy metals, Mercury, Muscle tissues, Liver

*Corresponding Author: *S.Kaboodvandpour@uok.ac.ir*

Tel: +98 871 6627724 Fax: +98 871 6620550