بررسی میزان فلزات سنگین (مس، کادمیوم، سرب) در برخی اندام‌های ماهیان سفید (*Rutilus kutum*) و کلمه (*Rutilus rutilus*) در سواحل جنوب شرقی دریای خزر

مهدی سلطانی[۱]
عباس بزرگر[۲]
سیده رقیه سیدپور[۳]
مریم برزگر[۴*]
علی طاهری مهرقائد[۵]

۱. گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. گروه شیلات و آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران
۳. دانش آموخته گروه شیلات و آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران
۴. دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۵. گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات:**
maryambarzegar@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۱۹
کد مقاله: ۱۳۹۳۰۲۰۲۰۷

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

امروزه آلودگی فلزات سنگین در بوم سازگان های آبی و به تبع آن تجمع این فلزات در بافت های مختلف موجودات آبزی به یکی از نگرانی ها در زمینه صنعت غذاهای دریایی تبدیل شده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی غلظت برخی فلزات سنگین ضروری و غیر ضرروری (سمی) که جزء عناصر خطرناک برای محیط زیست می باشند در بافت های عضله، کبد و گناد ماهیان سفید (*Rutilus kutum*) و کلمه (*Rutilus* rutilus) دریای خزر بعنوان گونه های مورد مصرف انسانی انجام شده است. در مجموع تعداد ۱۰۰ نمونه از دو گونه ماهیان سفید و کلمه از صیدگاه های بابلسر و تنکابن در سواحل جنوب‌شرقی دریای خزر در طی فصول صید سال های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند. بافت‌های عضله، کبد و گناد این ماهیان برای بررسی و تعیین مقادیر فلزات سنگین مس، سرب و کادمیوم به دقت برداشت گردیده و غلظت فلزات مذکور با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل M series مورد سنجش قرار گرفت . آنالیز آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش نوزده انجام گردید. نتایج این بررسی نشان داد که حداکثر غلظت فلزات مس و سرب در بافت کبد و پس از آن در گناد و عضله تجمع داشته و بیشترین مقادیر اندازه گیری شده مربوط به فلز سرب و کمترین آن مربوط به فلز کادمیوم در تمامی اندام ها بوده است. همچنین نتایج آنالیز همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی بیانگر وجود رابطه مثبت و معنی دار بین مقادیر فلز سرب در تمامی اندام - های مورد بررسی و افزایش طول کل ماهیان سفید و کلمه می‌باشد. این در حالی است که در رابطه با فلز مس تنها بین میزان تجمع این فلز در بافت کبد و افزایش طول کل ماهیان سفید و کلمه رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد . بعلاوه غلظت فلزات مذکور در بافت خوراکی ماهیان سفید و کلمه در این بررسی زیر حد مجاز بین المللی تعیین شده توسط WHO، NHMRC و UK (MAFF) برای ماهیان بدست آمده و بنابراین گوشت ماهیان سفید و کلمه این منطقه قابل استفاده برای مصرف انسانی می‌باشد.

واژگان کلیدی: ماه ی سفید (*Rutilus kutum*)، ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) ، فلزات سنگین.

مقدمه

Archive of SID
www.SID.ir

فلزات سنگین بخشی از عوامل طبیعی متشکله آب دریاها هستند و از مسیرهای طبیعی مانند فرسایش سنگ های معدنی، باد، ذرات غبار، فعالیت‌های آتشفشانی، رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی وارد آب دریا می‌شوند. اما پیشرفت روز افزون جوامع بشری منجر به افزایش بیش از حد این فلزات در محیط زیست بویژه در محیطهای آبی از طریق ورود فاضلاب های خانگی، صنعتی، معادن و فعالیت های کشاورزی شده است (Leland *et al*, 1978; Mance, 1987; Kalay and Canli, 2000). همچنین آبکاری فلزات، تولید و ذوب فلزات، صنایع شیمیایی، تولید دستگاه‌های الکترونیک و صنایع لوازم خانگی از دیگر منابع تولید فلزات سنگین بشمار می‌آیند.

از آنجایی که فلزات سنگین تجزیه ناپذیر هستند، پس از ورود به یک منبع آبی به تدریج در بستر آن به اشکال مختلف معدنی (جامد)، به رسوبات دانه ریز و یا بقایای موادآلی جذب سطحی شده و باعث تجمع فلزات در بی‌مهرگان کف‌زی و انتقال آنها به سطوح غذایی بالاتر می‌گردد. بعبارت دیگر فلزات سنگین می‌توانند بصورت زیستی در موجودات زنده تجمع یافته و در طی مسیر زنجیره غذایی بر میزان آنها افزوده می‌شود و با توجه به اینکه اغلب ماهیان در بالاترین سطح زنجیره غذایی قرار دارند، لذا مقادیری از فلزات سنگین را در خود ذخیره نموده (Mansour and Sidky, 2002) و در نهایت باعث به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی بعنوان مصرف کننده موجودات آبزی آلوده به فلزات سنگین می گردد. بنابراین بدست آوردن اطلاعات در مورد غلظت فلزات سنگین موجود در ماهیان از نقطه نظر مدیریت منابع ماهیان مصرفی انسان، دارای اهمیت بسیار بوده و تعیین غلظت آنها در ماهیان می‌تواند به عنوان شاخص زیستی برای حضور فلزات سنگین در منابع آبی مورد توجه قرار گیرد.

تحقیقات متعددی در زمینه بررسی فلزات سنگین در ماهیان سفید و کلمه در سواحل جنوب شرقی دریای خزر انجام شده است که از آن جمله می‌توان به بررسی انجام شده توسط شکرزاده لموکی در سال ۱۳۷۶ اشاره نمود. وی تحقیقاتی را در زمینه بررسی و اندازه‌گیری میزان سرب، کادمیوم و کروم در عضله پنج نوع ماهی پرمصرف دریای مازندران (کولی، کیلکا، کفال، کپور و ماهی سفید) در ۳ منطقه صیادی بندر ترکمن، بابلسر و چالوس انجام داد. پس از آن Hoseini و Tahami (۲۰۱۲) غلظت دو فلز سرب و کادمیوم را در کبد و عضله ماهی سفید دریای خزر در منطقه محمودآباد و ساری مورد سنجش قرار داده و همزمان Monserfrad و همکاران (۲۰۱۲) غلظت فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم و جیوه در کبد و عضله ماهی کلمه در طی فصل مهاجرت این ماهیان در سواحل جنوب شرقی دریای خزر را بررسی نمودند. Raeisi و همکاران (۲۰۱۴) نیز نسبت به بررسی غلظت فلزات سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در نمونه‌های آب، رسوب و اندام‌های مختلف شامل آبشش، عضله، کلیه و کبد ماهیان کلمه، ازون برون، ماهی سفید و کپور معمولی در خلیج گرگان اقدام نمودند . در بررسی مشابهی در دریاچه زریبچوو د ر کشور بلغارستان Zhelyazkov و همکاران (۲۰۱۴) حضور برخی فلزات سنگین در عضله ماهیان شاه کولی (*Alburnus alburnus*) و سفید (*Rutilus rutilus*) مورد سنجش و بررسی قرار دادند.

میزان تاثیر فلزات سنگین بر انسان و آبزیان بستگی به غلظت و نوع عنصر دارد. مقادیر اندک برخی فلزات نظیر، آهن، روی، کبالت و مس برای فرآیندهای زیستی حیاتی است، اما ضرورت حضور برخی دیگر مانند کادمیوم، جیوه و سرب از نقطه نظر زیستی ناشناخته بوده و حتی مقادیر بسیار کم آنها می‌تواند باعث بروز مسمومیت گردد (عسکری ساری، ۱۳۸۸؛ Bryan, 1976; Canli and Atli, 2002).

مس یکی از عناصر ضروری برای سوخت و ساز ماهیان و نیز یک ریز ماده مغذی برای رژیم غذایی انسان به شمار می‌آید، اما در غلظت‌های بالا برای ماهیان ماده‌ای به شدت سمی است. مسمومیت ماهیان با این فلز منجر به آسیب سیستم عصبی، تنفسی، کبد و سیستم ایمنی ماهیان می‌شود. در اثر این مسمومیت، ابتلا به علائمی نظیر تیرگی رنگ بدن و شنای نامتعادل در ماهیان مشاهده می شود و در صورت استمرار مجاورت ماهیان با غلظت‌های بالای مس، حساسیت آنها به عوامل خارجی از بین رفته و قادر به حفظ موقعیت طبیعی خود نبوده و بالاخره می میرند. همچنین این عنصر می تواند باعث بروز مسمومیت در انسان شود . شناخته شده‌ترین اختلال متابولیکی حاصل از تجمع مس در انسان بیماری ویلسون است که در آن غلظت سرولوپلاسمین خون به شدت کاهش می یابد. به علاوه مس می‌تواند باعث بروز کم خونی، بیماری‌های استخوانی و بافت‌های پیوندی و نیز تخریب کبد شود (جلالی و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶).

Archive of SID
www.SID.ir

بر خلاف مس، سرب یک فلز سنگین غیر ضروری بشمار آمده و یکی از سمی ترین فلزات سنگین هم برای انسان و هم آبزیان بویژه ماهیان به شمار می‌آید. اثرات زیستی تجمع سرب در ماهیان شامل به تأخیر افتادن تکامل جنینی، توقف تولیدمثل و جلوگیری از رشد، افزایش میزان موکوس، مشکلات عصب شناختی و عدم کارایی کلیه است. همچنین سربی که وارد بدن انسان می شود از طریق خون به اندام‌های مختلف بدن منتقل شده و در ماهیچه ها ، بویژه در استخوان‌ها تجمع یافته و باعث جابجایی کلسیم و بروز ناراحتی‌های استخوانی در انسان می شود. این عنصر در مواردی بخصوص در کودکان موجب ضایعات مغزی و از کار افتادن سیستم عصبی می‌گردد (جلالی و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶).

فلز سنگین کادمیوم نیز برای انسان و نیز آبزیان به شدت سمی می باشد و جزء عناصر غیر ضروری محسوب می شود. کاهش کلسیم و افزایش قند و منیزیوم خون و نیز تغییر شکل و شکستگی مهره ها از اثرات مسمومیت ماهیان با این عنصر است . همچنین بیماری ایتای ایتای از شناخته شده ترین اثرت مسمومیت کادمیوم در انسان است . درد شدید استخوان و در اغلب موارد مرگ از علائم این بیماری است (جلالی و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). بنابراین با توجه به لزوم و اهمیت بررسی مدوام حضور فلزات سنگین در منابع آبی و نیز در بافت های گونه‌های با ارزش مورد مصرف خوراکی جوامع انسانی، در تحقیق حاضر اقدام به بررسی میزان تجمع فلز ضروری مس و دو فلز غیر ضروری (سمی) کادمیوم و سرب در بافت‌های عضله، گناد و کبد ماهی سفید و ماهی کلمه که دو گونه با ارزش اقتصادی در سواحل جنوب شرقی دریای خزر می‌باشند، شده است. بعلاوه افزایش روزافزون ورود آلاینده‌های صنعتی ناشی از فاضلاب شهری، ساحلی و گردشگری در این منطقه از سواحل دریای خزر که موجبات نگرانی در زمینه بهداشت و سلامت ماهیان مذکور را فراهم آورده، دلیل اصلی انتخاب این منطقه برای نمونه‌برداری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، بافت عضله، کبد و گناد ۵۰ نمونه ماهی سفید با میانگین طولی ۲/۰۸۵۷ ± ۲۱/۸۰۸ سانتی‌متر و میانگین وزنی ۲۸ ± ۱۴۴/۹۲۴ گرم و ۵۰ نمونه ماهی کلمه با میانگین طولی ۱± ۲۱/۲۵۶ سانتی‌متر و میانگین وزنی ۲۸ ± ۱۳۸/۳۹۲ گرم از دو ایستگاه شهرستان بابلسر و مرکز تکثیر و پرورش سیجوال بندر ترکمن به منظور مطالعه حضور فلزات سنگین مس، سرب و کادمیوم در فصول مجاز صید در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند. صید ماهیان به وسیله ابزار صید پره و ساچوک انجام گرفته و ماهیان صید شده به همراه یخ در شرایط کاملاً ایزوله به آزمایشگاه تحقیقات شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر منتقل گردیدند.

برای مطالعه میزان فلزات سنگنین از هر کدام از بافت‌های عضله، کبد و گناد، ۴ گرم نمونه برداشت شده و در ظروف جداگانه به همراه برچسب محتوی مشخصات کامل نمونه مورد بررسی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد فریز گردید.

به منظور هضم اسیدی نمونه ها جهت سنجش فلزات سنگین، نمونه ابتدا در داخل دستگاه آون با درجه حرارت ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت سرد و به سرعت پودر گردیده و سپس فرآیند هضم با استفاده از مخلوط اسید شامل ۱۰۰ میلی‌لیتر HNO_3 و ۵۰ میلی-لیتر HCL صورت گرفت. در این مرحله یک گرم از هر یک از نمونه های پودر شده با ۱۵ میلی‌لیتر مخلوط ذکر شده در بالا ترکیب و بر روی حمام بن ماری قرار داده شد و پس از تکمیل فرآیند هضم، به‌منظور جدا کردن ناخالصی، نمونه ها توسط کاغذ صافی واتمن فیلتر گردیده و حجم آنها با آب دو بار تقطیر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (Neugebauer *et al*, 2000). سپس مقادیر فلزات سنگین نمونه‌ها به وسیله دستگاه جذب اتمی اسپکتروفتومتر مدل M series مورد سنجش قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS ویرایش نوزده انجام شده و میانگین‌ها به کمک آنالیز T-test با یکدیگر مقایسه و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد ($P<۰/۰۵$) تعیین گردید.

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج

در این تحقیق، بافت عضله، کبد و گناد ۵۰ نمونه ماهی سفید با میانگین طولی ۲/۰۸۵۷ ± ۲۱/۸۰۸ سانتی‌متر و میانگین وزنی ۲۷/۹۳۱۰ ± ۱۴۴/۹۲۴ گرم و ۵۰ نمونه ماهی کلمه با میانگین طولی ۱/۴۰۹۲± ۲۱/۲۵۶ سانتی‌متر و میانگین وزنی ۲۸/۵۵۹۹ ± ۱۳۸/۳۹۲ گرم (جدول ۱) جهت سنجش غلظت فلزات سنگین سرب، مس و کادمیوم مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند.

جدول ۱: داده‌های زیست‌سنجی ماهیان سفید (*Rutilus kutum*) و کلمه (*Rutilus rutilus*) در سواحل جنوب - شرقی دریای خزر در فصول صید سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱.

گونه ماهی		طول کل (سانتیمتر)	وزن (گرم)	سن
ماهی سفید	میانگین	۲/۰۸۵۷ ± ۲۱/۸۰۸	۲۷/۹۳۱۰ ± ۱۴۴/۹۲۴	۱/۱۱۸ ± ۱/۸۸
	حداقل	۱۹	۹۲	۱
	حداکثر	۲۴	۱۹۰	۴
ماهی کلمه	میانگین	۱/۴۰۹۲ ±۲۱/۲۵۶	۲۸/۵۵۹۹ ± ۱۳۸/۳۹۲	۱/۱۱۹ ± ۱/۸۲
	حداقل	۱۹	۲۸/۸	۱
	حداکثر	۹۲	۲۳۲	۴

نتایج سنجش مقادیر فلزات مذکور در جدول شماره ۲ ارائه شده است. بر همین اساس بیشترین میزان فلز سرب در ماهیان سفید مربوط به بافت کبد برابر با ۰/۰۴۵۱۶ ± ۰/۷۴۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بدست آمده است. همچنین بیشترین مقادیر بدست آمده از این فلز در ماهیان کلمه نیز مربوط به بافت کبد برابر با ۰/۰۵۱۷۳ ± ۰/۷۶۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بوده است.

در مورد فلز سنگین مس نیز بیشترین غلظت اندازه گیری شده در هر دو گونه ماهیان سفید و کلمه در بافت کبد تجمع داشته است. این میزان برای ماهیان سفید برابر با ۰/۰۴۳۹۵ ± ۰/۲۸۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و در ماهیان کلمه برابر با ۰/۱۰۰۷۷ ± ۰/۳۸۹۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بوده است. قابل ذکر است که مقادیر بدست آمده از سنجش فلز سنگین کادمیوم در عضله، گناد و کبد ماهیان سفید و کلمه تقریباً برابر صفر بدست آمده است. بر اساس ایستگاه‌های نمونه‌برداری نیز بیشترین میزان سرب بدست آمده در اندام کبد در ماهیان صیدگاه بابلسر بوده است . در صورتی که بیشترین میزان همین فلز در عضله ماهیان سفید مربوط به صیدگاه بندرترکمن می‌باشد. این در حالی است حداکثر غلظت بدست آمده از فلز مس در هر دو گونه ماهیان در اندام کبد در ایستگاه بابلسر است (شکل‌های ۱ و ۲)

شکل ۱: مقایسه میانگین فلزات سنگین مس، سرب در عضله، کبد و گناد ماهیان سفید (*Rutilus kutum*)

Archive of SID
www.SID.ir

صیدگاه‌های بندرترکمن و بابلسر در طی فصول صید سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱.

شکل ۲: مقایسه میانگین فلزات سنگین مس، سرب در عضله، کبد و گناد ماهیان کلمه (*Rutilus rutilus*) صیدگاه‌های بندرترکمن و بابلسر در طی فصول صید سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱.

نتایج حاصل از آنالیز همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی جهت بررسی ارتباط میزان تجمع فلزات سنگین مس و سرب در اندام های عضله، کبد و طحال با متغیر طول کل ماهیان سفید و کلمه مورد بررسی قرار گرفت. بر همین اساس بین مقادیر فلز سرب در تمامی اندام-های ماهیان سفید و کلمه و افزایش طول کل رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. این در حالی است که در ارتباط با تأثیر عامل طول بر میزان تجمع فلز مس تنها بین میزان تجمع این فلز در بافت کبد و افزایش طول کل ماهیان سفید و کلمه رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد.

نتیجه آنالیز واریانس داده‌ها در مورد فلز مس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار غلظت آن در بافت گناد ماهیان سفید و کلمه بوده (۰/۰۰۲ = sig) که کمتر از سطح آزمون (P>۰/۰۵) بدست آمده است. این در حالی است که نتایج آنالیز واریانس برای فلز سرب در تمامی اندام‌های عضله، کبد و گناد کمتر از سطح آزمون معنی دار می‌باشد (به ترتیب برابر با ۰/۰۱۷، ۰/۰۴۴ و ۰/۰۲۸)، که بیانگر وجود اختلاف معنی دار غلظت این فلز با میانگین کل جامعه است.

بحث و نتیجه‌گیری

اندام‌های مختلف بدن ماهیان قادرند برخی از فلزات سنگین را نسبت به سایر ین بیشتر در خود ذخیره نمایند، البته باید توجه داشت که میزان تجمع سایر فلزات در سطح محدودی رخ می‌دهد (Al-Kahtani, 2009). در واقع میزان تجمع خالص فلزات سنگین در بافت ناشی از تفاوت بین میزان جذب و میزان دفع (مکانیسم‌های تنظیمی) آن می باشد (Canli and Atli, 2002). در این بین آبشش‌ها به واسطه تماس مستقیم با مواد سمی در محیط آبی، مسیر اصلی ورود فلزات ازجمله فلزات مس، سرب و کادمیوم به بدن ماهی هستند و بر همین اساس این اندام بیشترین مقادیر برخی از فلزات را در خود ذخیره می‌نمایند (Kamunde *et al*., 2002; Jayakumar

Archive of SID
www.SID.ir

and Paul, 2006)، با وجود این کبد و کلیه نیز بطور معمول اندام های مهمی برای تجمع و ذخیره فلزات سنگین در ماهیان بشمار می - آیند (Gigue`re *et al*., 2004).

بر اساس نتایج بدست آمده در بررسی حاضر بیشترین مقادیر فلز مس در هر دو گونه ماهیان سفید و کلمه در بافت کبد تجمع داشته است (جدول ۲). در بررسی انجام شده توسط Raeisi و همکاران (۲۰۱۴) بروی غلظت فلز سنگین مس در اندام‌های مختلف شامل آبشش، عضله، کلیه و کبد ماهیان کلمه، ازون برون، ماهی سفید و کپور معمولی در خلیج گرگان نیز حداکثر مقادیر فلز مس مربوط به بافت کبد و پس از آن عضله بوده است. به علاوه Monsefrad و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی غلظت همین فلز در کبد و عضله ماهی کلمه در طی فصل مهاجرت این ماهیان در سواحل جنوبشرقی دریای خزر نیز نتایج مشابهی بدست آوردند، به طوریکه بیشتری مقادیر مس در بررسی ایشان از بافت کبد بدست آمده است.

کبد نه تنها تمایل به تجمع و ذخیره مقادیری از مس دارد، بلکه نقش مهمی در تعادل این عنصر در بدن ایفاء نموده (Grosell *et al*., 1997) و متابولیسم این فلز عمدتاً توسط اندام کبد کنترل می شود. علاوه بر این تجمع عنصر مس در بافت کبد نسبت به بافت‌های عضله و گناد، می تواند مربوط به نحوه انتشار این عنصر در بدن ماهی باشد که بنا بر نیاز غذایی ماهی به عنصر مذکور، تجمع عمده آن در بافت کبد رخ می‌دهد.

فلز سرب نیز همانند مس، به واسطه تماس مستقیم آبشش‌ها با آلاینده‌های فلز سنگین، نسبت به بافت های سایر اندام‌ها، در سطح وسیعی از این اندام تجمع می‌یابد و پس از آن مقادیری از این فلز در کبد و به میزان کمتری در عضله ذخیره می‌گردد. نتایج بررسی حاضر حاکی از این امر است که بیشترین میزان فلز سرب در ماهیان سفید و کلمه مربوط به بافت کبد بوده است. کم بودن مقادیر این فلز در بافت عضله و گناد می تواند مربوط به این امر باشد که بافت عضله نقش خا صی در سم‌زدایی از بدن ماهیان ندارد و بنابراین نقل و انتقال مس از سایر بافت‌ها به عضلات نسبت به کبد محدودتر می‌باشد.

از دیگر دلایل بیشتر بودن غلظت دو فلز مس و سرب در بافت کبد احتمالاً به واسطه افزایش سطح پروتئین های مهاری کبد با وزن مولکولی کم نظیر متالوتیونین است. این ترکیب در واکنش به حضور فلز سنگین جهت دفع آن از چرخه مواد و کاهش اثرات کشنده فلز توسط ماهی تولید می‌شود. پروتئین‌های مهاری با وزن مولکولی کم نقش مهمی را در امر سم‌زدایی از طریق کبد که مهم‌ترین اندام در امر سم‌زدایی در بدن ماهیان می باشد، ایفاء می‌نمایند (Daramola and Oladimeji, 1989). به علاوه زمان صید نمونه‌ها پس از فصل تخم‌ریزی و در زمان فعالیت تغذیه‌ای و متابولیک ماهیان بوده است. پس از تخم ریزی به علت کاهش ذخایر چربی بدن به ویژه در جنس ماده که جهت فرآیند زرده‌سازی مورد نیاز می‌باشد، فعالیت متابولیک و تغذیه‌ای ماهی ماده برای جبران ذخایر چربی از دست رفته و به تبع آن جذب فلزات سنگین افزایش می یابد و از آنجایی که کبد که یکی از اندام های اصلی جهت سم زدایی در ماهیان است، تجمع فلزات سنگین در این اندام بیشتر از بافت‌های سایر اندام‌ها می‌باشد (Monsefrad, *et al*., 2012).

نتیجه آنالیز واریانس داده‌ها در مورد فلز مس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار غلظت آن در بافت گناد ماهیان سفید و کلمه بوده (sig = ۰/۰۰۲) که کمتر از سطح آزمون (P>۰/۰۵) بدست آمده است. این در حالی است که نتایج آنالیز واریانس برای فلز سرب در تمامی اندام های عضله، کبد و گناد کمتر از سطح آزمون معنی دار می‌باشد (به ترتیب برابر با ۰/۰۱۷، ۰/۰۴۴ و ۰/۰۲۸) که بیانگر وجود اختلاف معنی دار غلظت این فلز با میانگین کل جامعه است. علت وجود چنین اختلاف معنی داری بین غلظت فلزات مس و سرب در بافت های مختلف ماهیان سفید و کلمه نیز می‌تواند به واسطه اختلاف در فصل تخم ریزی و در نتیجه وضعیت تغذیه ای ماهیان مذکور باشد که در طی این دوره به ویژه در زمان اوج تخم ریزی به حداقل میزان خود می رسد. زمان تخم‌ریزی ماهیان کلمه به طور عمده از اواسط فصل زمستان شروع شده و نهایتاً تا اوایل تابستان ادامه می یابد، این در حالی است که ماهیان سفید از اواسط بهار تا اواخر تابستان اقدام به تخم ریزی می‌نمایند و قطعاً دوره فعالیت تغذیه‌ای و متابولیکی و به تبع آن افزایش ذخایر چربی و جذب فلزات سنگین در آنها متفاوت خواهد بود.

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج بدست آمده بر اساس صیدگاه نشان می‌دهد که بیشترین میزان سرب بدست آمده در اندام کبد ماهیان سفید صیدگاه بابلسر می‌باشد. اگرچه بیشترین میزان همین فلز در کبد ماهیان کلمه مربوط به صیدگاه بندرترکمن بوده، اما باید متذکر شد که اختلاف ناچیزی بین مقادیر بدست آمده در دو ایستگاه نمونه‌برداری وجود دارد. همچنین حداکثر غلظت بدست آمده از فلز مس در هر دو گونه ماهیان در اندام کبد مربوط به ایستگاه بابلسر است (جدول ۲). در بررسی انجام شده توسط شکرزاده لموکی (۱۳۷۶) پیرامون بررسی و اندازه‌گیری میزان سرب، کادمیوم و کروم در عضله پنج نوع ماهی پرمصرف دریای خزر (کولی، کیلکا، کفال، کپور و ماهی سفید) در ۳ منطقه صیادی بندر ترکمن، بابلسر و چالوس، غلظت سه فلز مورد بررسی در تحقیق ایشان از جلمه سرب در عضله ماهیان ایستگاه بابلسر بیشترین میزان را داشته است.

بالا بودن غلظت مس و سرب در ایستگاه بابلسر در نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر و بررسی انجام شده توسط شکرزاده لموکی (۱۳۷۶)، با توجه به توریستی بودن منطقه بابلسر و قطعاً به دلیل بیشتر بودن منابع تولید آلاینده‌ای فلزات سنگین در منطقه می باشد که از آنجمله می‌توان به آلاینده‌های ناشی از تردد قایق‌های صیادی و تفریحی، عملیات ساخت و ساز، تعمیر و رنگ‌آمیزی آنها و نیز ورود مقادیر قابل توجهی از پساب‌های گردشگری، شهری و نیز صنعتی به آب‌های این منطقه از سواحل دریای خـزر اشاره نمود.

در بررسی روابط بین متغیر طول کل با مقادیر فلزات سنگین مس و سرب در اندامهای مختلف ماهیان سفید و کلمه مشخص گردید که تنها بین مقادیر فلز سرب در تمامی اندام‌های ماهیان سفید و کلمه و افزایش طول کل رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. غلظت فلزات سنگین در سنین و طول‌های مختلف ماهیان بستگی به ساختار فیزیولوژیکی، رفتارها و عادات تغذیه ای آنها دارد. با افزایش سن ماهیان سفید و کلمه عادات غذایی آنها بسوی مصرف کفزیان متمایل می‌گردد که می‌تواند دلیل اصلی افزایش غلظت فلزات سنگین در ماهیان مسن‌تر که قطعاً طول بیشتری نسبت به ماهیان جوانتر دارند، باشد. برخی از موجودات کفزی از جمله سخت‌پوستان و نرم تنان پتانسیل بالایی برای تجمع فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها داشته و با توجه به اینکه غذای ترجیحی ماهیان سفید و کلمه را در سنین بالاتر تشکیل می‌دهند، می‌توانند بعنوان ناقل فلزات به‌این ماهیان عمل کنند (Al- Weher *et al*., 2008) .

در مورد فلز سنگین کادمیوم نکته قابل توجه صفر یا ناچیز بودن میزان این فلز در تمامی نمونه های مورد بررسی بوده که امکان مقایسه‌ای را فراهم نمی‌آورد. بررسی‌های انجام شده توسط Al-Weher و همکاران (۲۰۰۸) بروی سه گونه از ماهیان جنوب اردن نشان می دهد که بیشترین میزان غلظت فلز کادمیوم در آبشش و سپس فلسها و استخوانها تجمع می‌یابد، همچنین در بررسی‌های دیگر تأیید شده است که کادمیوم در اندامهای مختلفی ذخیره می‌شود، اما مکان اصلی ذخیره آن در موجودات آبزی علاوه بر کبد و کلیه، بیشتر پوست، آبشش و استخوان‌ها می‌باشد (El-Nemr, 2003; Van Aardt and Endmann, 2004; Mwashot, 2003) ، که می‌تواند دلیل اصلی کم بودن میزان غلظت کادمیوم اندازه گیری شده (معادل صفر) در این بررسی باشد. همچنین قابل ذکر است که کادمیوم از جم له عناصری است که ماهیان احتمالاً قادر به تنظیم آن هستند . بر اساس نظر Bremner (۱۹۷۹) حذف کادمیوم از طریق آبشش ها و همچنین از راه کبدی-صفراوی در روده رخ می دهد و ترشح موکوس وسیله مهمی برای کاهش غلظت این عنصر در ماهی محسوب می شود. البته همانطور که ذکر شد در بورسی انجام شده توسط محققین دیگر حضور فلز سنگین کادمیوم در بافت های مختلف ماهیان سفید و کلمه در سواحل جنوب شرقی دریای خزر تأیید شده است (شکرزاده، ۱۳۷۶؛ Hoseini et al., 2012؛ Monserfrad *et al*., 2012؛ Raeisi, 2014). اما علت این اختلاف در نتایج می‌تواند بواسطه تفاوت در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نیز احتمال خوشبینانه تر آن محدودتر شدن ورود آلاینده‌های حاوی فلز کادمیوم به این نقطه از سواحل دریای خزر باشد که بررسی بیشتر و دقیق‌تری را می‌طلبد.

مقادیر غلظت مجاز فلزات سرب، مس و کادمیوم در غذاهای دریایی جهت مصرف ا نسانی بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (NHMRC) و وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UK MAFF) بر حسب میکروگرم در گرم وزن تردر جدول شماره ۳ ارائه شده است. بر اساس Martemyanov (۲۰۱۳)، حجم آب (اختلاف بین وزن تر و وزن خشک) برآورد شده در ماهیان کلمه مخزن سد ریبینسک (روسیه) بطور میانگین ۷۴ درصد برآورد شده است. بنابراین با توجه به

Archive of SID
www.SID.ir

اینکه غلظت فلزات سنگین مس و سرب در بررسی حاضر بر اساس میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک بدست آمده، رقت فلزات مذکور در واحد وزن تر کاهش یافته و بر همین اساس می توان اظهار نمود که مقادیر فلزات مذکور در تحقیق حاضر به مراتب کمتر از مقادیر مجاز استاندارد جهانی فلزات سنگین در غذاهای دریایی بوده و بنابراین مصرف گوشت ماهیان سفید و کلمه خطری برای انسان بشمار نمی‌آید.

جدول ۳: حداکثر غلظت‌های مجاز فلزات سنگین‌مس، سرب و کادمیوم در غذاهای دریایی برحسب میکروگرم در گرم وزن تر(جلالی و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶).

استانداردها	Cu	Cd	Pb
WHO	۱۰	۰/۲۰۰	—
NHMRC	۱۰	۰/۰۵۰	۱/۵
UK (MAFF)	۲۰	۰/۲۰۰	۲/۰

اگرچه غلظت فلزات سرب و مس بدست آمده از بافت خوراکی ماهیان سفی د و کلمه در بررسی حاضر کمتر از استانداردهای مجاز برای مصرف انسانی می باشد، اما مسئله افزایش غلظت فلزات مذکور در بافت عضله این ماهیان نسبت به مقادیر بدست آمده در بررسی های گذشته (شکرزاده، ۱۳۷۶; Hoseini and Tahami., 2012; Monserfrad *et al*., 2012; Raeisi, 2014) قابل تأمل است.

بنابراین با توجه به افزایش روند بی رویه ورود آلاینده ها به نواحی جنوبی دریای خزر پیوسته خطر تجمع زیستی فلزات سنگین در ماهیان سفید و کلمه وجود داشته که در نتیجه مصرف آنها می تواند منجر به بروز عوارض ناشی از مصرف فلزات سنگین در انسان گردد. بر همین اساس با در نظر گرفتن حضور فلزات سنگین در آبزیان مصرفی انسانی از جنبه سلامتی و نقش آبزیان به عنوان شاخص زیست محیطی ، انجام بررسی‌های گسترده‌تر و مستمر در مورد غلظت فلزات سنگین مختلف در ماهیان مأکول در منطقه پیشنهاد می‌گردد.

باید اشاره نمود که کم بودن میزان فلزات سنگین مورد بررسی در ماهیان سفید و کلمه در بررسی حاضر، اگرچه می‌تواند به دلیل محدودیت ورود پساب و فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی و شیلاتی به عنوان منابع فلزات سنگین مس، سرب و کادمیوم در سواحل جنوب شرقی دریای خزر باشد، ولی مقایسه نتایج بد ست آمده در این بررسی با نتایج تحقیقات انجام شده تا کنون بیانگر افزایش مقادیر فلزات مذکور در بافت عضله ماهیان سفید و کلمه در طی گذشت زمان بوده و بنابراین در همین راستا اعمال نظارت دقیق بر ورود پساب و فاضلاب‌های گوناگون به محیط زیست طبق قوانین و مقررات زیست محیطی و استانداردهای جهانی ضرورت تام خواهد داشت.

بر اساس Boyd (۱۹۹۰)، حدود مسموم کنندگی فلزات سنگین برای آبزیان به شرح جدول شماره ۴ می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی Gharedashi و همکاران (۲۰۱۲)، حد کشنده سرب و مس برای ماهیان سفید مرکز تکثیر گرگان در طی مدت زمان ۹۶ ساعت به ترتیب برابر با ۲۶۸/۰۶۵ و ۲/۳۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بدست آمده است. Gharedashi و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی دیگری غلظت کشنده سرب و مس را در ماهیان کلمه همین مرکز به ترتیب برابر با ۲۷۶/۱۶۷ و ۲/۴۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بدست آورند. بنابراین با مقایسه نتایج ایشان و مقادیر بدست آمده از فلزات سنگین مس و سرب در ماهیان سفید و کلمه مورد بررسی در این تحقیق می توان بیان نمود که غلظت فلزات این بررسی بسیار کمتر از حدود مسموم کنندگی این فلزات برای ماهیان بوده و باعث بروز آسیب به ماهیان نخواهد شد.

جدول ۴: حدود مسموم‌کنندگی فلزات برای آبزیان بر حسب میکروگرم در لیتر (Boyd, 1990).

www.SID.ir

فلز	Lc_{50}- 96 h	میزان ایمن (بی‌خطر)
کادمیوم	۸۰ – ۴۲۰	۱۰
مس	۳۰۰ – ۱۰۰۰	۲۵
سرب	۱۰۰۰ – ۴۰۰۰۰	۱۰۰

علی‌رغم این، با توجه به اهمیت مسمومیت‌زایی فلزات سنگین برای آبزیان به‌ویژه ماهیان و اثر آنها بر عملکرد اندام‌های حیاتی و رفتارهای زیستی و فیزیولوژیکی آبزیان ، بررسی اثرات حدود مسموم کنندگی این عناصر و سایر فلزات سنگین بر نمای هیستوپاتولوژی و عملکرد اندام‌های حیاتی این ماهیان به صورت دوره‌ای ضرورت می‌یابد و از آن جایی که معمولاً فلزات سنگین از طریق آب، رسوب و غذای آلوده به بدن ماهی وارد می شوند (Canli and Kalay, 1998)، اما جذب فعال آنها تحت تأثیر شرایط اکولوژیکی، متابولیسم و درجه آلودگی آب، غذا و یا رسوب و نیز متغیرهای شیمیایی آب مانند شوری، pH می‌باشد (Heath, 1987; Pagenkopf, 1983)، لذا پایش دوره‌ای سایر مراحل جذب فلزات سنگین مانند رسوب و آب اجتناب ناپذیر خواهد بود.

سپاسگذاری

بدین وسیله از همکاری و زحمات گرانقدر مدیران و کارکنان محترم تکثیر و پرورش سیجوال بندر ترکمن که در امر نمونه برداری ماهیان مورد بررسی همکاری لازم را مبذول داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

جلالی، ب. و آقازاده مشکی، م.، ۱۳۸۶. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن بهداشت عمومی. انتشارات مان، تهران، چاپ اول، ۱۳۴ ص.

شکرزاده لموکی، م.، ۱۳۷۶. بررسی و اندازه‌گیری میزان سرب، کادمیوم و کروم در پنج نوع ماهی پرمصرف دریای خزر . طرح پژوهشی، مرکز تحقیقات شیلات استان مازندران، ۵۶ ص.

عسکری ساری، ا.، ۱۳۸۸. بررسی عناصر سنگین (سرب ، جیوه و کادمیوم) در ماهیان بومی آب شیرین شیربت (*Barbus grypus*) و بیاه (*Liza abu*) صید رودخانه‌های کارون و کرخه در فصل زمستان. مجله علمی پژوهشی بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال اول، شماره چهارم. صفحات ۱۰۷-۹۷.

Al-kahtani, M. A., 2009. Accumulation of heavy metals in Tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from Al-Khadoud Spring, Al-Hassa, Saudi Arabia. American Journal of Applied Sciences, 6(12): 2024-2029.

Al-Weher, S. A., 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, 1 (1): 41-46.

Boyd, C. D., 1990. Water quality in ponds for aquacaltare, Aburn university/Albama Agricaltural Experiment Station, 39 p.

Bremner, I., 1979. Mammalian absorption, transport and excretion of cadmium. In: Webb (ed). The chemistry, biochemistry and biology of cadmium. Elsevier/North-Holand, 175-193 p.

Bryan G. W., 1976. Some effects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. In: Lockwood A.P.M. (ed.) Effects of pollutants on aquatic organisms. Cambridge University Press. Cambridge, England,7 p.

Canli M. and Atli G., 2002. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Journal of Environmental Pollution, 121: 129-136.

Canli, M. and Kalay M., 1998. Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissues of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan river, Turkey. Turish Journal of Zoology, 22:149-157.

Archive of SID
www.SID.ir

Daramola, J. A. and Oladimeji, A. A., 1989. Accumulation of copper in Clarias anguillaris and Orechromis niloticus l. Water, Air and Soil Pollution, 48: 457 – 461.

El-Nemr, A., 2003. Concentrations of certain heavy metals in imported frozen fish in Eygpt. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 7: 139-154.

Gharedaashi, E., Imanpour, M. R. and Taghizadeh, V., 2013. Determination of median lethal concentration (LC50) of copper sulfate and lead nitrate and effects on behavior in Caspian sea kutum (*Rutilus frisii kutum*). Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences, 5(1): 12-16.

Gharedashi, E., Nekoubin, H. and Imanpour, M. R., 2012. Acute toxicity of lead nitrate and copper sulphate in Caspian Roach (*Rutilus rutilus caspicus*). Journal of Fisheries International, 7 (1): 6-9.

Gigue`re A, Campbell, P. G. C., Hare, L., McDonald, D. G. and Rasmussen, J. B., 2004. Influence of lake chemistry and fish age on Cd, Cu and Zn concentrations in various organs of indigenous yellow perch (*Perca flavescens*). Canadian Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences, 61: 1702-1716.

Grosell, M. H., Hogstrand, C. and Wood, C. M., 1997. Cu uptake and turnover in both Cu-acclimated and non-acclimated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Aquatic Toxicology, 38: 257-276.

Heath A. G., 1987. Water pollution and Fish physiology. CRC. press, Florida, USA, 245 p.

Hoseini, H. and Tahami, M. S., 2012. Study of Heavy Metals (Pb and Cd) Concentration in Liver and Muscle Tissues of *Rutilus frisii Kutum*, Kamenskii, 1901 in Mazandaran Province. Global Veterinaria, 9 (3): 329-333.

Jayakumar P. and Paul, V. I., 2006. Patterns of cadmium accumulation in selected tissues of the catfish *Clarias batrachus* (Linn.) exposed to sublethal concentration of cadmium chloride. Veterinarian Archive, 76: 167–177.

Kalay, M. and Canli, M., 2000. Elimination of essential (Cu, Zn) and nonessential (Cd, Pb) metals from tissue of a freshwater fish *Tilapia zillii* following an uptake protocol. Tukrkish Journal of Zoology, 24: 429-436.

Kamunde, C., Grosell, M., Higgs, D. and Wood, C. M., 2002. Copper metabolism in actively growing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): interactions between dietary and waterborne copper uptake. Journal of Experimental Biology, 205: 279-290.

Leland, H. V., Luoma, S. N. and Wilkes, D. J., 1978. Heavy metals and related trace elements. Journal of Water Pollution. Control Federation, 50: 1469-1514.

Mance, G., 1987. Pollution threat of heavy metals in aquatic environment. Elsevier (1st ed). London, 125 p.

Mansour, S. A. and Sidky. M. M., 2002. Ecotoxicological studies. 3: Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. Pesticide Chemistry Department, National Research Centre, Dokki, Cairo, Egypt. Food Chemistry, 78: 15-22.

Martemyanov, V. I., 2013. Use of Body Water Content to Assess the Physiological State of Roach *Rutilus rutilus* L. in Natural Conditions. Journal of Inland Water Biology, 6 (3): 246–248.

Monsefrad, F., Imanpour Namin, J. and Heidary S., 2012. Concentration of heavy and toxic metals Cu, Zn, Cd, Pb and Hg in liver and muscles of *Rutilus frisii kutum* during spawning season with respect to growth parameters. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11(4): 825-839.

Mwashot, B. M., 2003. Levels of cadmium and lead in water, sediments selected fish species in Mombasa, Kenya. Western Indian Ocean. Journal of Marine Sciences, (2) 1: 25-34.

Neugebauer, E. A., Sans Cartier, G. L. and Wakeford, B. J., 2000. Methods for the determination of metals in wildlife tissues using various atomic absorption spectrophotometry techniques. Canadian Wildlife Service. 65 p.

Pagenkopf, G. K., 1983. Gill surface interaction model for trace metal toxicity to fish. Role of complexation, PH, water hardness. Environmental Sciences and Technology, (17) 6: 342-347.

Raeisi, S., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad., M. and Zakariaei, H., 2014. Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian sea, Iran. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2 (6): 2162-2172.

Van Aardt, W. J. and Erdman, R., 2004. Heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn) in mudfish and sediments from three hard-water dams of the Mooi river catchment, south Africa. Journal pf Water, 30: 211-218.

Archive of SID

www.SID.ir

Zhelyazkov, G. I., Georgiev, D. M., Dospatliev, L. K. and Staykov. Y. S., 2014. Determination of Heavy Metals in Roach (*Rutilus rutilus*) and Bleak (*Alburnus alburnus*) in Zhrebchevo Dam Lake. Journal of Ecologica Balkani, 5: 15-20.

Archive of SID

www.SID.ir