علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره سه، پاییز۹۳

اندازه گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت های ماهی بیاه (*Liza abu*) رودخانه های کارون و دز استان خوزستان

محمد ولایت زاده[1*]

mv.5908@gmail.com

ابوالفضل عسکری ساری[2]

مژگان خدادادی[3]

محمد کاظمیان[4]

محبوبه بهشتی[1]

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۸ **تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۰**

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین از آلاینده هایی هستند که در اکوسیستم های آبی مشکلات بسیاری را برای آبزیان و در نهایت برای انسان ایجاد می کنند. تحقیق حاضر، در زمستان ۱۳۸۸، به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت های عضله، کبد و آبشش ماهی بیاه رودخانه های دز و کارون استان خوزستان انجام گرفت.

روش بررسی: در این تحقیق به صورت تصادفی ۲۱۶ نمونه ماهی بیاه از رودخانه های مورد مطالعه صید شد. جهت استخراج فلزات از بافت های مورد مطالعه، از روش هضم مرطوب استفاده شد و تعیین غلظت فلزات سنگین به وسیله دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer 4100 صورت پذیرفت. تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزار SPSS17 و آزمون t انجام یافت که در سطح معناداری $P\leq ۰/۰۵$ تعیین گردید.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

۳- استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

۳- استادیار گروه شیلات، د دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، انشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

یافته ها: بالاترین و پایین ترین غلظت کادمیوم، جیوه و سرب به ترتیب ۰/۲۶۴±۰/۵۴۰، ۰/۰۰۲±۰/۰۲۷ و ۰/۱۲۸±۱/۰۸ میلی گرم در کیلوگرم و ۰/۰۴۰±۰/۳۴۶، ۰/۰۳۷±۰/۹۰۳ و ۰/۰۰۱±۰/۰۲۳ میلی گرم در کیلوگرم بود.

نتیجه گیری: در این تحقیق غلظت سرب و جیوه در آبشش، کبد و عضله ماهی بیاه بین رودخانه های دز و کارون اختلاف معنی داری نداشت ($P\geq0/05$). غلظت کادمیوم در عضله و آبشش اختلاف معنی داری داشت ($P\leq0/05$) اما در کبد اختلاف معنی دار نبود ($P\geq0/05$).

واژه های کلیدی: جیوه، کادمیوم، سرب، ماهی بیاه، رودخانه دز، رودخانه کارون

مقدمه

در میان غذاها، ماهیان به طور مداوم در معرض فلزات سنگین موجود در آب های آلوده قرار دارند. جذب فلزات سنگین توسط ماهی در اکوسیستم های آبی آلوده متفاوت است (۲،۱) و به مکان، رفتار تغذیه ای، سطح غذا، سن، اندازه، زمان ماندگاری فلزات و فعالیت های تنظیمی همئوستازی بدن بستگی دارد (۷ـ۳). همچنین اهمیت اندازه گیری و سنجش میزان عناصر سنگین در آب زیان به دو مبحث مهم مدیریت و سلامت غذایی انسان باز می گردد (۹،۸). حضور فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی نتیجه دو منبع فرآیندهای طبیعی و فعالیت های انسانی است که منبع عمده آن ها همواره فعالیت های انسانی می باشد (۱۰). فلزات سنگین موجود در زیستگاه های دریایی را می توان با ارزیابی غلظت آن ها در آب، رسوب یا موجودات آبزی بررسی کرد (۱۱). البته آنالیزهای شیمیایی آب و رسوب، سطوح آلودگی را مشخص می کنند اما برای ارزیابی کیفیت بیولوژیکی ناحیه مورد مطالعه کافی نیستند (۱۲)، تنها سیستم های زنده قادر به ارزیابی تاثیرات پیچیده آلاینده های با دسترسی زیستی می باشند (۱۳). بررسی فلزات سنگین در آب زیان به دلیل این که به سرعت در بدن آن ها جذب می شود بسیار مهم و ضروری است، اما به دلیل این که ماهی بخش مهمی از رژیم غذایی انسانی می باشد بسیاری از مطالعات آلودگی فلزات سنگین به ویژه جیوه در بافت های مختلف ماهی صورت گرفته است (۱۴). فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت هایی نظیر کلیه، کبد و آبشش را در مقایسه با بافت عضله (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می کند (۱۵). مقادیر برخی از این فلزات مانند مس، روی، آهن و ... در غلظت های پایین برای متابولیسم آب زیان ضروری هستند، در حالی که نقش بیولوژیک برخی از آن ها مانند جیوه، کادمیوم و سرب هنوز شناخته نشده است و این فلزات حتی در غلظت های پایین نیز برای موجودات زنده سمی هستند (۱۶). جیوه فلزی خطرناک است که در دهه های اخیر نگرانی حاصل از آلودگی زیست محیطی آن در سراسر دنیا بحث های زیادی را موجب شده است (۱۷) و به دلیل سمیت بالا و تجمع در موجودات آبزی، از خطرناک ترین آلاینده های زیست محیطی می باشد (۱۳). سمیت جیوه عامل بسیاری از مشکلات سلامتی در انسان شده است، شدت تاثیرات سیستماتیک و مزمن بر سیستم های مختلف بدن مانند سیستم اعصاب مرکزی، گوارش و بافت پوستی و دهانی در تحقیقات مختلف گزارش شده است (۱۸). در صورتی که ماهیان دارای مقادیر بیش از حد مجاز جیوه باشند، بیماری خطرناکی با عوارض سیستم عصبی مرکزی در انسان ظاهر می گردد که به نام بیماری میناماتا (Minamata) خوانده می شود (۱۹). کادمیوم در ماهیان مسیرهای آنزیمی سنتز اسید اسکوربیک را تحت تاثیر قرار می دهد (۲۰). همچنین تجمع کادمیوم موجب کاهش اندازه کبد و از دست دادن ذخایر گلیکوژنی کبد و عضله در ماهیان می شود (۲۱). میتوکندری ها و غشای سلولی مهم ترین مکان اختصاصی برای سمیت کادمیوم هستند (۲۲) که این فلز می تواند به طور مستقیم از جذب اکسیژن توسط میتوکندری ها جلوگیری کند و سبب افزایش هیدرولیز آدنوزین تری فسفات گردد (۲۱). تاثیرات کادمیوم بر روی مفاصل و استخوان ها به بیماری ایتای ایتای

معروف است که در نهایت منجربه مرگ می شود (۲۳). سرب یکی از چهار فلزی است که بیش ترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد. اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسی نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن انسان است (۲۴).

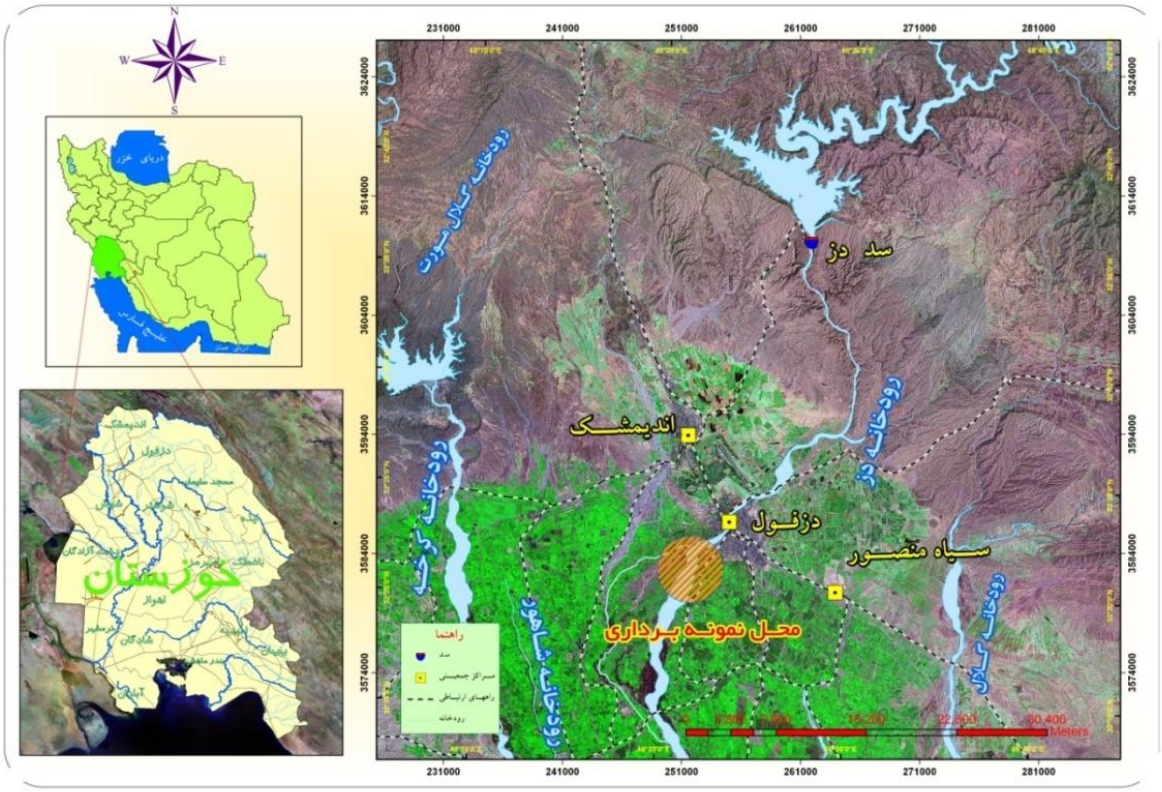
با توجه به اهمیت فلزات سنگین و این که ماهی بیاه در منطقه مطالعاتی بخشی از رژیم غذایی مردم می باشد، این تحقیق با هدف سنجش و مقایسه فلزات جیوه، سرب و کادمیوم در اندام های آبشش، کبد و عضله ماهی بیاه (*Liza abu*) در رودخانه های دز و کارون در استان خوزستان انجام گرفت.

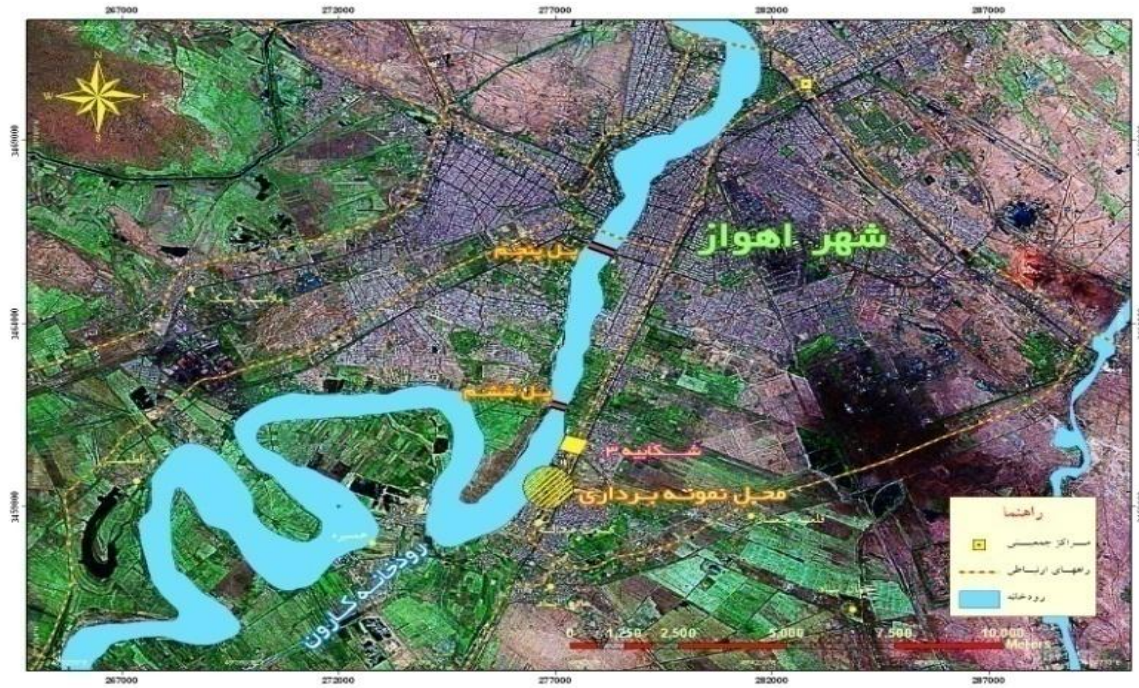
مواد و روش ها

۲۱۶ نمونه ماهی بیاه در زمستان ۱۳۸۸ توسط صیادان محلی به وسیله تورهای سنتی صید ماهی بیاه تهیه شدند. نمونه برداری ماهی بیاه از رودخانه دز از پایین دست شهرستان دزفول و نمونه برداری رودخانه کارون از پایین دست شهرستان اهواز انجام گرفت (نقشه ۱). ماهیان صید شده به وسیله جعبه های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه کیمیا پژوه البرز در شهرکرد انتقال داده شدند. پس از زیست سنجی ماهیان، بافت عضله، کبد و آبشش نمونه ها جدا گردید و از ماهیان مورد مطالعه نمونه مرکب تهیه شد. در این تحقیق ۷۲ تکرار وجود داشت که بافت های موردنظر هر ۳ عدد ماهی را با یکدیگر مخلوط نموده و یک نمونه مرکب به دست آمد (۲۵). نمونه های به دست آمده را به مدت ۱۲۰ تا ۱۵۰ دقیقه در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار داد تا به وزن ثابت رسیده و سپس از داخل آون خارج شوند. برای هضم نمونه ها از روش مرطوب استفاده شده است که ۰/۵ گرم از نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد و به آن ۲۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲٪ اضافه شد و چند عدد سنگ جوش برای اینکه جوش به طور منظم و یکنواخت صورت گیرد قرار داده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد. سپس مخلوط حرارت داده شد تا بخار سفید رنگ اسید به طور کامل محو شد، مخلوط سرد شده و در حالی که بالن چرخانده می شد ۱۰ میلی لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول کاملا شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری انتقال داده شد و به حجم رسانده شد (۲۸ـ۲۶).

همچنین سنجش جیوه، سرب و کادمیوم به روش جذب اتمی با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام یافت (۳۰،۲۹). جیوه با سیستم هیبرید و سرب و کادمیوم با سیستم کوره اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری عناصر مورد نظر ابتدا به ۱۰ میلی لیتر محلول هضم شده نمونه ها، ۵ میلی لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵٪ اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه ها بهم زده شدند تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه ها ۲ میلی لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه ها بهم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل شد. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استاندارد های این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم افزار WinLab 32 رسم گردید و مقدار این عناصر در محلول های آماده شده اندازه گیری شد.

در این بررسی تجزیه و تحلیل داده ها به کمک نرم افزار SPSS17 انجام گرفت و میانگین تیمارها به کمک آزمون t با یکدیگر مقایسه شد که سطح معنی داری $P\leq ۰/۰۵$ تعیین گردید. همچنین در رسم نمودارها و جداول از نرم افزار Excel استفاده شد.





نقشه ۱- محل نمونه برداری ماهی بیاه در رودخانه کارون و دز

یافته ها

بر اساس نتایج به دست آمده به کمک آزمون t غلظت سرب و جیوه در آبشش، کبد و عضله بیاه بین رودخانه های دز و کارون اختلاف معنی داری نداشت ($P\geq ۰/۰۵$). غلظت کادمیوم در عضله و آبشش اختلاف معنی داری داشت ($P\leq ۰/۰۵$) اما در کبد اختلاف معنی دار نبود ($P\geq ۰/۰۵$). با توجه به جدول ۲ بالاترین غلظت کادمیوم، جیوه و سرب در آبشش ماهی کارون به ترتیب ۰/۲۶۴±۰/۵۴۰، ۰/۰۰۲±۰/۰۲۷ و ۱/۰۸±۰/۱۲۸ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک به دست آمد. همچنین پایین ترین غلظت سرب و جیوه در عضله ماهی دز به ترتیب ۰/۹۰۳±۰/۰۳۷ و ۰/۰۰۱±۰/۰۲۳ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک و پایین ترین غلظت کادمیوم در کبد ماهی دز به میزان ۰/۳۴۶±۰/۰۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک به دست آمد.

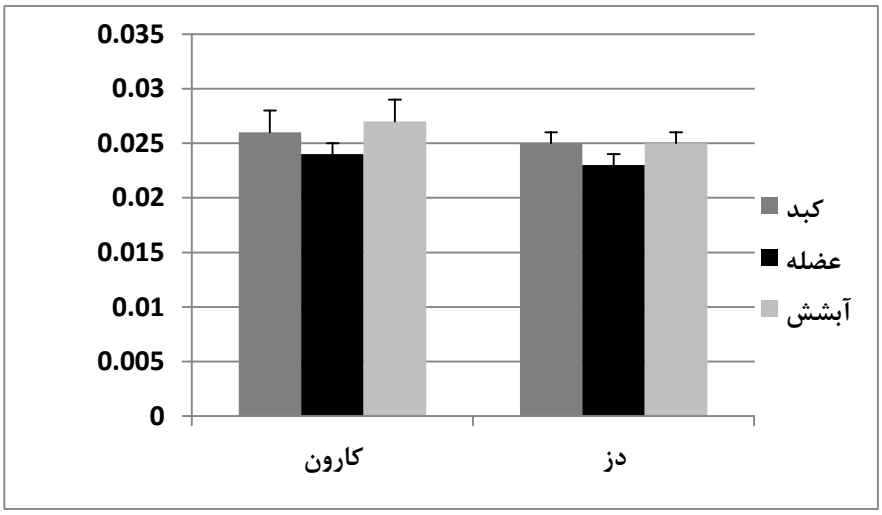
جدول ۱- زیست سنجی ماهی بیاه رودخانه دز و کارون

پارامترها / ماهی بیاح	طول کل(cm)	طول استاندارد (cm)	وزن (g)
رودخانه دز	۲۱/۱۶±۰/۸۲	۱۷/۹۴±۰/۹۱	۱۱۹/۷۷±۲۱/۰۳
رودخانه کارون	۱۶/۳۳±۱/۱۷	۱۴/۰۵±۱/۲۶	۴۷/۷۷±۱۲/۰۱

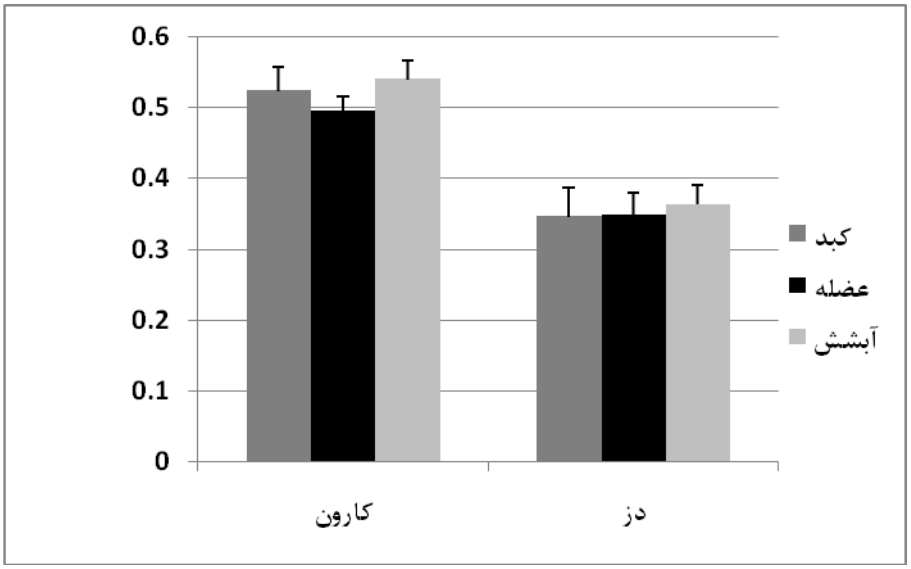
جدول ۲- غلظت فلزات سنگین در اندام های ماهی بیاه بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

رودخانه	فلزات / اندام ها	کادمیوم	جیوه	سرب
دز	کبد	۰/۳۴۶±۰/۰۴۰	۰/۰۰۱±۰/۰۲۵	۰/۹۲۳±۰/۰۳۰
	عضله	۰/۳۴۸±۰/۰۳۱	۰/۰۰۱±۰/۰۲۳	۰/۹۰۳±۰/۰۳۷
	آبشش	۰/۳۶۳±۰/۰۲۸	۰/۰۰۱±۰/۰۲۵	۰/۹۳۵±۰/۰۳۷
کارون	کبد	۰/۵۲۳±۰/۰۳۵	۰/۰۰۲±۰/۰۲۶	۱/۰۳±۰/۱۳۲
	عضله	۰/۴۹۴±۰/۰۲۱	۰/۰۰۱±۰/۰۲۴	۰/۹۷۳±۰/۱۴۷
	آبشش	۰/۵۴۰±۰/۰۲۶	۰/۰۰۲±۰/۰۲۷	۱/۰۸±۰/۱۲۸

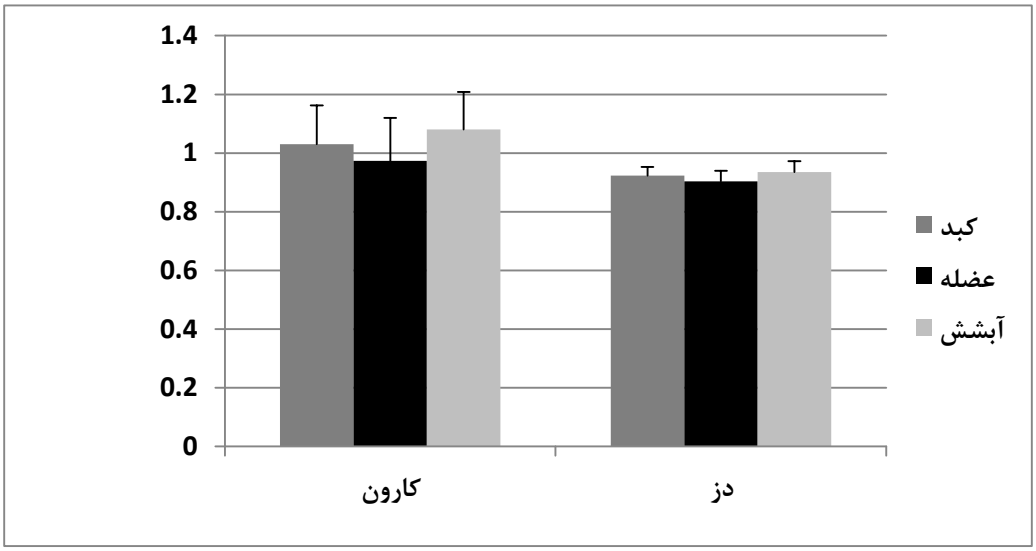
میزان فلزات جیوه، کادمیوم و سرب در اندام های ماهی بیاه رودخانه کارون بالاتر از رودخانه دز می باشد. غلظت هر سه فلز مورد مطالعه در آبشش ماهی بیاه بالاتر از کبد و عضله می باشد. همچنین مقادیر این فلزات در عضله دارای کم ترین میزان می باشد. مقایسه میزان فلزات سنگین در اندام های ماهیان نمونه برداری عبارت است از: سرب > کادمیوم >جیوه (نمودار ۱،۲،۳).



نمودار۱- مقایسه غلظت فلز جیوه در اندام های ماهی بیاه بر حسب میلی گرم برکیلوگرم



نمودار۲- مقایسه غلظت فلز کادمیوم در اندام های ماهی بیاه بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم



نمودار۳- مقایسه غلظت فلز سرب در اندام های ماهی بیاه بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق میزان جیوه در آبشش، کبد و عضله بین ماهی بیاه رودخانه کارون و دز اختلاف معنی داری نداشت (P≥۰/۰۵) و غلظت جیوه پایین تر از حد آستانه استانداردهای جهانی WHO، FDA و FAO به دست آمد. همچنین میزان جیوه در عضله ماهی بیاه کم تر از کبد و آبشش بود و بالاترین میزان این عنصر در آبشش به دست آمد. بیش تر فلزات سنگین در بافت هایی نظیر کلیه، کبد و آبشش ها تجمع می نمایند و در بافت عضله پایین تر هستند (۱۵). شهاب مقدم و همکاران (۱۳۸۸) میانگین غلظت جیوه در بافت عضله گربه ماهی بزرگ (*Arius thalassinus*) ۰/۴۱ میکروگرم بر گرم سنجش نمودند که پایین تر از استانداردهای بین المللی بود (۳۱). Farkas و همکاران (۲۰۰۰) غلظت جیوه را در سه گونه مار ماهی، اردک ماهی و ماهی سیم دریاچه بالاتون مجارستان بررسی نمودند که اختلاف معنی داری نداشت (P≥۰/۰۵) و میزان جیوه در آبشش و کبد بالاتر از عضله بود (۳۲). صادقی راد و همکاران (۱۳۸۴) میزان جیوه را در عضله و خاویار دو گونه تاس ماهی ایرانی و ازون برون پایین تر از حد آستانه استانداردهای جهانی جهت مصرف انسانی مشخص کردند (۳۳). ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۵) بالاترین و پایین ترین میزان جیوه را در ماهی شاه کولی (*Chalcalburnus chalcalburnus*) تالاب انزلی به ترتیب در کلیه و عضله تعیین کردند (۳۴). با توجه به این که میزان جیوه در آبشش، کبد و عضله ماهی بیاه کم تر از آستانه استانداردهای جهانی بود و به دلیل این که نمونه برداری در فصل زمستان صورت گرفت، می توان چنین توجیه نمود که غلظت جیوه در فصول بارانی به دلیل ترقیق آلودگی کم تر است (۳۵).

در این تحقیق میزان کادمیوم در عضله و آبشش ماهی بیاه اختلاف معنی داری داشت (P≤۰/۰۵) اما در کبد اختلاف معنی داری نداشت (P≥۰/۰۵). همچنین میزان سرب در عضله، آبشش و کبد اختلاف معنی داری نداشت (P≥۰/۰۵). بر اساس نتایج این تحقیق بالاترین میزان کادمیوم و سرب در آبشش مشاهده شد. میزان سرب در برخی از نمونه ها بالاتر از استانداردهای جهانی بود. در بررسی رضایی و همکاران (۱۳۸۴) میزان جیوه، کادمیوم و سرب در بافت هاب غیر خوراکی بالاتر از بافت خوراکی عضله بود که در آبشش و امعا و احشای ماهیان بالغ کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) بالاتر از عضله بود (۳۶). همچنین میزان کادمیوم و سرب در ماهی *Sciaena umbra* در کبد بالاتر از عضله به دست آمد (۳۷). در بررسی فاضلی و همکاران (۱۳۸۴) بر روی کفال

طلایی (*Liza auratus*) میزان سرب در کبد و آبشش بالاتر از عضله بود (۳۸). همچنین در بررسی فلزات سنگین در شش گونه ماهیان دریای مدیترانه میزان سرب و کادمیوم در کبد بالاتر از عضله بود (۱۶) که بررسی های ذکر شده با نتایج این تحقیق هماهنگی دارند. میزان کادمیوم و سرب در عضله کفال طلایی دریای خزر به ترتیب ppm ۰/۳۲۱ و ۲/۳۳۷ (۳۹)، در عضله کفال خاکستری دریای مدیترانه ppm ۰/۶۶±۰/۰۸ و ۵/۳۲±۲/۳۳ (۱۶)، در ۱۵ گونه ماهی دریاچه chini در کشور مالزی $mgKg^{-1}$ ۰/۲۸±۰/۰۲۰و ۰/۴۵±۰/۰۲۴ (۲۹) و در چهار گونه ماهیان خلیج فارس μgg^{-1} ۰/۰۴۶۹ـ ۰/۰۰۰۴ و ۰/۰۲۱ـ ۰/۰۰۰۸ (۴۰). همچنین در بررسی Tuzen (۲۰۰۹) بالاترین میزان جیوه، کادمیوم و سرب در ماهیان دریای سیاه به ترتیب ۵±۸۴ میکروگرم بر کیلوگرم، ۰/۸۷±۰/۰۷و ۰/۳۵±۰/۰۳ میکروگرم بر گرم به دست آمد (۴۱). در سال ۲۰۰۷ در بررسی فلزات سنگین در ماهی کفال خاکستری در رودخانه Aba در نیجریه میزان سرب و جیوه ۰/۰۱±۰/۰۲و ۰/۰۱±۰/۰۴ میکروگرم بر گرم به دست آمد (۴۲).

با توجه به نتایج این تحقیق بالا بودن میزان سرب در ماهی بیاه رودخانه کارون به دلیل وجود منابع آلاینده حاصل از فعالیت های انسانی و صنایع مختلف موجود و تخلیه پساب های صنعتی که حاوی فلز سرب هستند، می باشد. آبشش ها و روده عمده ترین راه های جذب این فلزات به بدن ماهیان می باشند (۲۰) که جذب فلز کادمیوم از طریق آبشش ها بسیار بیشتر از جذب از طریق لوله گوارشی صورت می گیرد و معمولا بافت عضله دارای پایین ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می باشد (۴۳). همچنین معمولا میزان جیوه در اعضای داخلی بدن ماهی کمی بیشتر از بافت عضله است (۴۴).

منابع

1. Dogan, M., Yilmaz, A.B., 2007. Heavy metals in water and in tissues of himri (*Carasobarbus luteus*) from Orontes (Asi) River Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 53, pp. 161-163.
2. Fidan, A.F., Cigerci, I.H., Konuk, M., Kucukkurt, I., Aslan, R., Dundar, Y., 2007. Determination of some heavy metal levels and oxidative status in *Carassius carassius* L. 1758 from Eber Lake. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 69, pp. 1951-1958.
3. Burger, J., Gaines, K.F., Boring, C., Stephenes, W.L., Snodgrass, J., Dixon, C., McMahon, M., Shukla, S., Shukla, J., Gochfeld, M., 2002. Metal levels in fish from the Savannah river: Potential hazardso fish and other receptors. Environmental Research, Vol. 89, pp. 85-97.
4. Demirezen, D., Uruc, K., 2006. Comparative Study trace elements in certain fish meat and meat products. Journal of Meat Science, Vol. 74, pp. 255-260.
5. Sankar, T.V., Zynudheen, A.A., Anandan, R., Nair, P.G.C., 2006. Distribution of organochlorine pesticides and heavy metal residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India. Chemosphere, Vol. 65, pp. 583-590.
6. Marijic, V.F., Raspor, B., 2007. Metal exposure assessment in native fish, *Mullus barbatus*, from the Eastern Adriatic Sea. Journal of Toxicology Letters, Vol. 168(3), pp. 292-301.
7. Tuzen, M., Soylak, M., 2007. Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. Journal of Food Chemistry, Vol. 101, pp. 1378-1383.
8. Jordao, C.P., Pereira, M.G., Bellato, C.R., Pereira, J.L., Matos, A.T., 2002. Assessment of water systems for contaminants from domestic and industrial sewages. Journal of

Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 79(1), pp.75–100.

9. Romeoa, M., Siaub, Y., Sidoumou, Z., Gnassia- Barelli, M., 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. Science Total Envionment, Vol. 232, pp. 169–75.
10. Pourang, N., Tanabe, S., Rezvan, S., Dennis, J.H., 2005. Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 100, pp. 89–108.
11. Laboy-Nieves, E.N., Conde, J.E., 2001. Metal levels in eviscerated tissue of shallow-water deposit-feeding holothurians, Journal of Hydrobiologia, Vol. 459, pp. 19-26.
12. Fernandez, N., Berias, R., 2001. Combined Toxicity of Dissolved Mercury with Copper, Lead and Cadmium on Embryogenesis and Early Larval Growth of the *Paracentrotus lividus* Sea-Urchin. Journal of Ecotoxicology, Vol. 10, pp. 263–271
13. Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M., Baeyens, W., 2007. Total mercury and metthyl mercury concentrations in fish from the Persian Golf and the Caspianea, Journal of water air soil pollution, Vol. 181, pp. 95-105.
14. Kucuksezgin, F., Altay, O., Uluturhan, E., Kontas, A., 2001. Trace metal and organoclorin residue levels in red mullet (*Mullus barbatus*) from the eastern Aregean, Turkey. Water Research, Vol. 35, pp. 2327-2332.
15. Filazi, A., Baskaya, R., Kum, c., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. Human and Experimental Toxicology, Vol. 22, pp. 85-87.
16. Canli, M., Atli, G., 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Journal of Environmental Pollution, Vol. 121, pp. 129-136.
17. Xiaojie, L., Jinping, C., Yuling, S., Shunich, H., Li, W., Zheng, L., Mineshi, S., Yuanyuan L., 2008. Mercury Concentration in Hair Samples from Chinese Ppeople in Coastal Cities, Journal of Environmental Sciences, Vol. 20, pp. 1258–1262.
18. Pizzichini, M., Fonzi, M., Fonzi, L., Sugherini, L., 2002. Release of Mercury from dental amalgam and its influence on salivary antioxidant activity. Science Total Envionment, Vol. 4(1-3), pp. 19-25.

۱۹. اسماعیلی ساری، عباس، نوری ساری، حسن و اسماعیلی ساری، ابوذر، «جیوه در محیط زیست»، چاپ اول، رشت: انتشارات بازرگان، ۱۳۸۶. ۲۲۶ صفحه.

20. Newman, M.C., Unger, M.A., 2003 Fundamentals of ecotoxicology. CRC Press, 458 P.
21. Newman, M.C., Clements, W.H., 2008. Ecotoxicology: a comprehensive treatment. CRC Press, 882 P.
22. Golovanova, I.L., 2008. Effect of heavy metals on the Physiological and biochemical ststus of fishes and aquatic invertebrates. Journal of Inland Water Biology, Vol. 1, pp. 93-101.

۲۳. کلارک، آربی، (نویسنده)، جعفرزاده حقیقی، نعمت اله و فرهنگ، محمد (مترجمان). «آلودگی دریا» چاپ اول، تهران: انتشارات آوای قلم، ۳۹۳ صفحه.

24. Berlin, M., 1985. Handbook of the Toxicology of Metals. Elsevier Science Publishers. (Editors), 2nd ed. London, Vol. 2, pp. 376-405.
25. 25.MOOPAM, 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait, Vol. 20.
26. Okoye, B.C.O., 1991. Heavy metals and organisms in the Lagos Lagoon. International Journal of Environmental Studies, Vol. 37, pp. 285-292.
27. 27.Kalay, G., Bevis, M.J., 2003. Structure and physical property relationships in processed polybutene. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 88, pp. 814-824.
28. Eboh, L., Mepba, H.D., Ekpo, M.B., 2006. heavy metal contaminats and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in Oron Local Government, Nigeria. Food Chemistry, Vol. 97(3), pp. 490-497.
29. Ahmad, A.K., Shuhaimi-Othman, M., 2010. Heavy metal Concentration in Sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences, Vol. 10(2), pp. 93-100.
30. Olowu, R.A., Ayejuyo, O.O., Adewuyi, G.U., Adejoro, I.A., Denloye, A.A.B., Babatunde, A.O., Ogundajo, A.L., 2010. Determination of Heavy Metals in Fish Tissues, Water and Sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. Journal of Chemistry, Vol. 7(1), pp. 215-221.

۳۱. شهاب مقدم، فرزانه، اسماعیلی ساری، عباس و ولی نسب، تورج، «رابطه تجمع جیوه در بافت عضله گربه ماهی بزرگ (*Arius thalassinus*) خلیج فارس در ارتباط با وزن»، اولین همایش دانشجویی علوم شیلاتی، بهار ۱۳۸۸، ساری، ایران.

32. Farkas, A., Salanki, J., Specziar, A., 2003. Age and Size Specific patterns of heavy metals in the organs of Freshwater fish *Abramis brama* L. Populating a low-contaminanted site. Journal of Water Research, Vol. 37, pp. 959-964.

۳۳. صادقی راد، مرجان، امینی رنجبر، غلامرضا، ارشد، عما و جوشیده، هاشم، «مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب و جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون برون حوضه جنوبی دریای خزر»، مجله علمی شیلات ایران، پاییز ۱۳۸۴، سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۷۹ تا ۱۰۰.

۳۴. ذوالفقاری، قاسم، اسماعیلی ساری، عباس، قاسمپوری، سید محمد، قربانی، فرشید، احمدی فرد، نصراله و شکری، زهرا، «ارتباط سن، جنسیت و وزن با غلظت جیوه در اندامهای مختلف ماهی شاه کولی تالاب انزلی (*Chalcalburnus chalcalburnus*)، مجله علوم و فنون دریایی، پاییز و زمستان ۱۳۸۵، دوره ۵، شماره ۳ و ۴، صفحات ۲۳ تا ۳۱.

35. Alonso, M.L., Montana, F.P., Miranda, M., Castillo, C., Hernandez, J., Benedito, J., 2004. Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. Journal of BioMetals, Vol. 17, pp. 389–397.

۳۶. رضایی، مسعود، ناصری، محمود، عابدی، عذرا و افشار نادری، اعظم، « سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین (آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم) در بافت های خوراکی و غیر

خـــوراکی مـــاهی کفـــال پشـــت ســـبز (*Liza dussumieri*) سواحل بوشهر»، مجله علوم دریـایی ایران، پاییز و زمسـتان ۱۳۸۴، دوره ۴، شـماره ۳و۴، صفحات ۵۹ تا ۶۷.

37. Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Ates, A., Gokkus, K., 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species. Food Chemistry, Vol. 108, pp. 794-800.

۳۸. فاضلی، محمد شریف، ابطحی، بهروز و صباغ کاشانی، آذر، «سنجش تجمع فلزات سـنگین سـرب، نیکـل و روی در بافت های ماهی کفال طلایی سواحل جنوبی دریای خزر»، مجله علمی شیلات ایران، بهـار ۱۳۸۴، دوره ۱۴، شماره ۱، صفحات ۶۵ تا ۷۸.

۳۹. امینی رنجبر، غلامرضا و ستوده نیـا، فریبـا، «تجمـع فلزات سنگین در بافت عضـله مـاهی کفـال طلایـی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول اسـتاندارد، وزن، سـن و جنسیت)»، مجله علمی شیلات ایران، پـاییز ۱۳۸۴، دوره ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.

40. Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R., Baeyens, W., 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 157, pp. 499-514.

41. Tuzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. Journal of Food and chemical Toxicology, Vol. 47(9), pp. 2302-2307.

42. Ubalua, A.O., Chijioke, U.C., Ezeronye, O.U., 2007. Determination and Assessment Heavy Metal Content in fish and shellfish in Aba River, Abia State, Nigeria. KMITL Science Technology, Vol. 7(1), pp. 16-23

43. 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. Sciences Total Environment, Vol. 256, pp. 87-94.

۴۴. صادقی راد، مرجان، « بررسی و تعیین میزان فلـزات سـنگین در چنـد گونـه از ماهیـان خـوراکی تـالاب انزلی»، مجله علمی شیلات ایـران، زمسـتان ۱۳۷۵، سال ۵، شماره ۴، صفحات ۱ تا ۱۶.