Archive of SID

بررسی برخی فلزات سمی و ضروری در عضله، کبد و آبشش ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) در تالاب انزلی

مهرنوش نوروزی[1*]

۱. استادیار گروه شیلات و بیولوژی دریا، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

*مسئول مکاتبات:
mnoroozi@toniau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۲۰
کد مقاله: ۱۳۹۶۰۱۰۲۶۱
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

هدف از انجام این مطالعه، بررسی میزان تجمع شش فلز غیر سمی (مس، نیکل، آهن، روی، منگنز، آلومینیوم) و پنج فلز سمی (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم) در بافت‌های خوراکی (عضله) و غیرخوراکی (کبد و آبشش) ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) در تالاب انزلی بود. به همین منظور ۲۰ قطعه ماهی در اردیبهشت ۱۳۹۴ از تالاب انزلی صید شد. آمادهسازی و آنالیز نمونه‌ها طبق روش استاندارد آزمایشگاهی MOPPAM و به کمک دستگاه جذب اتمی صورت گرفت. نتایج نشان داد که میزان تجمع فلزات در بین سه بافت با اختلاف معنی‌داری به‌صورت کبد> آبشش> عضله بود. همچنین میزان جذب فلزات غیر سمی (مس، نیکل، آهن، روی، منگنز، آلومینیوم) به ترتیب در بافت عضله ۴/۸۴، ۰/۴۲، ۶۴/۳۲، ۱۷/۲۵، ۱۳/۲، ۰/۰۹، ۰/۵۷؛ در بافت کبد ۱۳۶/۵۱، ۰/۹۲، ۳۷۷، ۶۴/۹۷، ۶۰/۱۶، ۰/۲۱، ۰/۹۸؛ در بافت آبشش ۸۷/۱۶، ۰/۶۶، ۲۸۴/۳۳، ۴۷/۱۵، ۵۳/۸۹، ۰/۱۵، ۰/۸۴؛ و فلزات سمی (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم) به ترتیب در بافت عضله ۰/۸۷، ۰/۴۷، ۰/۱۱، ۰/۰۷؛ در بافت کبد ۱/۲۵، ۰/۹۲، ۰/۳۵، ۰/۱۸؛ در بافت آبشش ۱/۰۵، ۰/۶۷، ۰/۲۸، ۰/۱۲ میکروگرم/گرم بود. نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که میزان جذب فلزات بین بافت عضله با بافت‌های کبد و آبشش رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد. همچنین در بررسی روابط بین تجمع فلزات؛ به‌جز فلز سرب سایر فلزات با یکدیگر رابطه مثبت معنی‌دار مشاهده شد. در مقایسه تجمع فلزات بافت عضله با استانداردها، از استاندارد WHO به‌جز فلز سرب، کادمیوم و منگنز، سایر فلزات پایین‌تر بود؛ همگی فلزات از استاندارد NHMRC پایین‌تر بود و به‌جز فلز سرب و جیوه سایر فلزات از استاندارد MAFF نیز پایین‌تر بود.

واژگان کلیدی: فلزات سمی و غیر سمی، بافت، سوف حاجی طرخان، تالاب انزلی.

مقدمه

تالاب انزلی جز تالاب‌های حفاظت‌شده بین‌المللی است (Sharifi, 2006). این تالاب زیستگاه موجودات در حال انقراض زیادی است و نقش مؤثری در کنترل آلودگی رودخانه‌های منطقه بر عهده دارد. یکی از انواع این آلودگی‌ها، فلزات سنگین است که آثار نامطلوبی بر شرایط زیست‌محیطی اکوسیستم‌های آبی دارد. تالاب انزلی به‌وسیله آلاینده‌هایی از منابع مختلف تهدید می‌شود و به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی، صنعتی، کشتیرانی، کشاورزی، عملیات نفتی دریای خزر و صنعت گردشگری قرار دارد. بنابراین پیش‌بینی می‌شود پس از سال‌ها، آلودگی فلزات سنگین به علت این فعالیت‌ها افزایش یابد (غضبان و زارع خوش‌اقبال، ۱۳۹۰). رودخانه‌های ورودی به تالاب، یکی از مهم‌ترین راه‌های ورود انواع آلاینده به تالاب هستند.

عناصر سنگین به دوطبقه فلزات واسطه و شبه فلزات تقسیم‌بندی می‌شوند. فلزات واسطه مثل مس، کبالت، آهن، منگنز، شامل عناصر ضروری برای فعالیت‌های زیستی اعضاء در غلظت‌های پایین بوده‌اند و در غلظت‌های بالا سمی هستند (Who, 1980). شبه فلزات (کادمیوم، سرب،

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017
www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

آرسنیک و جیوه) معمولاً برای فعالیت‌های زیستی موردنیاز نیستند و در غلظت‌های پایین سمی می‌باشند (Elsagh and Rabani, 2010). فلزات سنگین پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان و ازجمله ماهیان تجمع یافته و نهایتاً وارد زنجیره غذایی می‌گردند. ماهی برای سوخت‌وساز طبیعی، فلزات ضروری را از آب، غذا و یا رسوبات جذب می‌کند که مشابه با فلزات ضروری، فلزات غیرضروری نیز توسط ماهی جذب می‌شوند. این فلزات دارای پتانسیل بالا برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندام‌های گوناگون ماهی هستند (Özparlak *et al.*, 2012). ازآنجایی‌که ماهی‌ها بخش عمده‌ای از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند این فلزات سنگین می‌توانند از راه تغذیه از ماهیان آلوده وارد بدن انسان گردند. ازآنجایی‌که سلامت آبزیان و اثرات زیان‌آور آبزیان آلوده به فلزات در انسان (مصرف‌کننده) دارای اهمیت زیادی می‌باشد تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. محققان بسیاری در سراسر دنیا نظیر Irwandi and Farida (۲۰۰۹)؛ Al-Kahtani (۲۰۰۹) و Ubalua and Chijioke (۲۰۰۷) به سنجش عناصر سنگین در آبزیان مورد مصرف انسان و تأثیر آن‌ها بر سلامت عمومی جامعه پرداخته‌اند. مطالعاتی که در این زمینه در ایران صورت گرفته است می‌توان به تحقیقات گلشن‌آباد و همکاران (۱۳۹۳)؛ سلگی و اسفندی سرافراز (۱۳۹۳)؛ سلامات و همکاران (۱۳۹۳)؛ مشروفه و همکاران (۱۳۹۲) در حوزه جنوبی دریای خزر و تالاب انزلی اشاره کرد.

ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) از راسته سوف ماهی شکلان (Perciformes) و خانواده سوف ماهیان است. ماهی سوف در سواحل ایران و در تالاب انزلی که مهم‌ترین زیستگاه آن می‌باشد زندگی می‌کند (کریمپور، ۱۳۷۷) و از بچه ماهیان، زئوپلانکتون‌ها، سخت‌پوستان و نرم‌تنان و نارو ماهیان دیگر تغذیه می‌کند. این ماهی در سن ۲ الی ۳ سالگی بالغ می‌شود و در تالاب تولیدمثل می‌کند و یکی از ماهیان باارزش تالاب محسوب می‌شود (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷). مطالعات زیادی جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین ماهی سوف حاجی طرخان در داخل و خارج کشور انجام‌شده است؛ ازجمله مطالعات خارجی Stanek و همکاران (۲۰۱۲) در دریاچه‌ای در لهستان، Brázová و همکاران (۲۰۱۲) در اسلوواکی؛ Popek و همکاران (۲۰۰۹) در رودخانه Czarna orawa لهستان؛ و مطالعات داخلی می‌توان به تحقیقات پدرام ژرف و همکاران (۱۳۹۱) در تالاب امیرکلایه، اسلامی و ستاری (۱۳۹۱) در تالاب انزلی اشاره کرد.

پژوهش حاضر باهدف بررسی نسبت جذب شش فلز سنگین غیر سمی (مس، نیکل، آهن، روی، منگنز، آلومینیوم) و پنج فلز سنگین سمی (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم) در بافت‌های خوراکی (عضله) و غیرخوراکی (کبد و آبشش) ماهی سوف حاجی طرخان و نسبت میزان جذب این فلزات در بافت‌های مختلف انجام گرفت. همچنین برای آگاهی از وضعیت سلامت این ماهی برای مصرف‌کنندگان، میزان جذب این فلزات در بافت خوراکی عضله با استانداردهای جهانی نظیر آژانس حفاظت محیط‌زیست امریکا (USEPA)، وزارت کشاورزی، شیلات و مواد غذایی انگلستان (MAFF)، سازمان ملی تحقیقات بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

تالاب انزلی به دو بخش مجزای آلوده و نسبتاً غیر آلوده تقسیم می‌شود. بخش شرقی و آلوده این تالاب در مجاورت ناحیه صنعتی بندر انزلی (طول ۳۷°/۲۵ شمالی– عرض ۴۹°/۲۸ شرقی) واقع است و محل ورود رودخانه‌های بزرگ خمارود، پیربازار و زرجوب است که ازجمله آلوده‌ترین رودخانه‌های شمال کشور می‌باشند. بخش غربی تالاب محل ورود رودخانه کوچکی به نام چفارود است که به دلیل فاصله داشتن از منابع آلاینده تقریباً آلودگی کمتری دارد (Zare Khosheghbal *et al.*, 2011). به‌منظور بررسی میزان فلزات سمی و غیر سمی انباشته‌شده در بافت‌های مختلف ماهی سوف حاجی طرخان، تعداد ۲۰ قطعه ماهی در فصل بهار (اردیبهشت ۱۳۹۴) در قسمت شرقی تالاب توسط صیادان محلی به‌صورت تصادفی صید شد. نمونه‌ها به حالت انجماد توسط یخ (۱:۱) به آزمایشگاه تحقیقات شیلات منتقل گردید. نمونه‌های ماهی به‌منظور زدوده شدن آلودگی‌های سطحی و پوستی با آب مقطر شستشو شدند. سپس توسط ابزار تشریح (اسکالپل، قیچی و پنس)، مقدار ۱۰ گرم از هر بافت (عضله، پوست و آبشش) ماهیان جهت انجام عمل هضم شیمیایی جدا شد و توسط ترازوی دیجیتال توزین گردید هر بافت به‌طور جداگانه در بالن قرار

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

داده شد و سپس ۵۰ سی‌سی آب مقطر H_2O_2 و ۵۰ سی‌سی اسید نیتریک به آن اضافه شد. نمونه‌ها با کاغذ فیلتر واتمن، فیلتر گردید و سپس محلول صاف‌شده با آب دیونیزه به حجم حدود ۵ سی‌سی رسید و داخل تیوپ‌های هضم، جداگانه ریخته شد (Lakshmanan *et al.*, 2009). جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (مس، نیکل، آهن، روی، منگنز، آلومینیوم، سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک و کروم) از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل Germany AAS4 Zeiss مجهز به سیستم کوره گرافیتی استفاده شد (Moopam, 1983). جهت تجزیه‌وتحلیل آماری پس از نرمال‌سازی داده‌ها توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف، جهت بررسی تجمع فلزات در بافت‌های مختلف از آزمون واریانس یک‌طرفه ANOVA و مقایسه بین میانگین‌ها با آزمون دانکن و همچنین جهت بررسی تعیین رابطه بین فلزات و بافت‌های مختلف ماهی از آزمون همبستگی پیرسون به کمک نرم‌افزار SPSS ویرایش بیستم در سطح اطمینان ۹۵ درصد و برای رسم نمودار نیز از نرم‌افزار EXCEL 2007 استفاده شد.

نتایج

نتایج بررسی زیست‌سنجی نشان داد که به‌طور میانگین ماهیان سوف حاجی طرخان صیدشده از تالاب دارای ۷۰/۵±۱۱۵/۵۵ گرم وزن و ۴/۶۲±۱۹/۷۸ سانتی‌متر طول کل هستند.

نتایج بررسی تجمع فلزات سمی و غیر سمی در سه بافت عضله، کبد و آبشش در (جدول ۱) نشان داد که میزان تجمع فلزات در بافت‌ها متفاوت است و به‌صورت کبد > آبشش > عضله می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون ANOVA این اختلاف ازنظر آماری معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). نمودار میانگین غلظت فلزات سنگین موردبررسی در بافت‌های ماهیچه، آبشش و کبد در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده‌شده است. بررسی میزان تجمع فلزات سنگین ماهی سوف حاجی طرخان، بیشترین فلز غیر سمی، فلز آهن و کمترین آن در فلز آلومینیوم دیده شد. همچنین در مورد فلزات سمی بیشترین آن، فلز سرب و کمترین آن در فلز آرسنیک دیده شد. به‌طورکلی میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی سوف حاجی طرخان در تالاب انزلی به‌صورت زیر بود:

بافت ماهیچه: Fe> Zn>Mn>Cu> Pb> Cr>cd>Ni>Hg>Al>As

بافت کبد: Fe>Cu>Zn>Mn>Pb>Cr>Ni,Cd>Hg>Al>As

بافت آبشش: Fe>Cu>Mn> Pb>Zn> Cr>Cd, Ni>Hg>Al>As

کل: Fe>Cu>Zn>Mn>Pb>Cr>cd>Ni>Hg>Al>As

جدول ۱: انحراف معیار±میانگین و نتایج آزمون ANOVA در تجمع فلزات سنگین بین سه بافت (میکروگرم بر گرم).

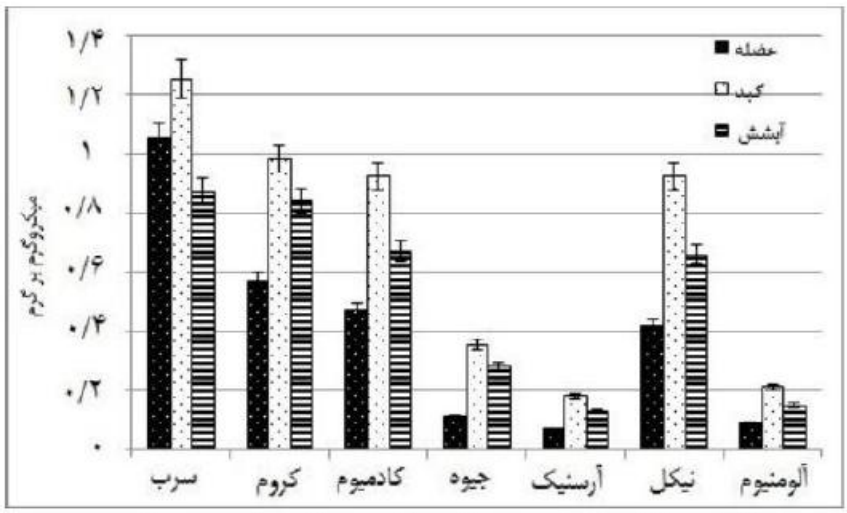
فلز	عضله	کبد	آبشش	کل	سطح معنی‌داری
سرب	۰/۸۷±۰/۱۱^{b*}	۱/۲۵±۰/۱۳^{a}	۱/۰۵±۰/۰۵^{ab}	۱/۰۶±۰/۱۹	۰/۰۱
	۰/۷۵–۰/۹۸	۱/۱۲–۱/۴۰	۱–۱/۱۱	۰/۷۵–۱/۴۰	
کادمیوم	۰/۳۷±۰/۱۷^{b}	۰/۹۲±۰/۰۷^{a}	۰/۶۷±۰/۱۷^{ab}	۰/۶۸±۰/۲۳	۰/۰۲
	۰/۳–۰/۶۵	۰/۸۵–۱	۰/۵–۰/۸۵	۰/۳–۱	
جیوه	۰/۱۱±۰/۰۳^{b}	۰/۳۵±۰/۰۵^{a}	۰/۲۸±۰/۰۹^{a}	۰/۲۵±۰/۱۱	۰/۰۰
	۰/۰۹–۰/۱۵	۰/۳–۰/۴	۰/۲–۰/۳۸	۰/۰۹–۰/۴	
کروم	۰/۵۷±۰/۱۲^{b}	۰/۹۸±۰/۱۴^{a}	۰/۸۴±۰/۱۳^{a}	۰/۷۹±۰/۲	۰/۰۲
	۰/۴۵–۰/۷	۰/۸۶–۱/۱	۰/۷–۰/۹۷	۰/۴۵–۱/۱	

www.SID.ir

Archive of SID

فلز	عضله	کبد	آبشش	کل	سطح معنی‌داری
آرسنیک	۰/۰۷±۰/۰۳^{a}	۰/۱۸±۰/۰۵^{a}	۰/۱۴±۰/۰۳^{ab}	۰/۱۲±۰/۰۶	۰/۰۳
	۰/۰۵–۰/۰۹	۰/۱۳–۰/۲۴	۰/۰۹–۰/۱۸	۰/۰۵–۰/۲۴	
آهن	۶۴/۳۲±۱/۸۳^{c}	۳۷۷±۱۰/۱۴^{a}	۲۸۴/۳۳±۵/۲۹^{b}	۳۴۱/۸۸±۱۳۹/۲۶	۰/۰۰
	۶۲/۵–۶۶/۱۳	۳۶۸–۳۸۸	۲۷۸–۲۹۵	۶۲/۵–۳۸۸	
نیکل	۰/۳۲±۰/۱۲^{b}	۰/۹۲±۰/۲۳^{a}	۰/۶۶±۰/۱۷^{a}	۰/۶۷±۰/۲۶	۰/۰۳
	۰/۳–۰/۵۵	۰/۷–۱/۱۵	۰/۵–۰/۸۳	۰/۳–۱/۱۵	
روی	۱۷/۲۵±۱/۸^{c}	۶۴/۹۷±۰/۲۵^{a}	۳۷/۱۵±۱/۷۶^{b}	۳۳/۱۲±۲۰/۹۲	۰/۰۰
	۱۵/۴–۱۹	۶۴/۵– ۶۵/۳۱	۳۵/۲۵– ۳۸/۷۵	۱۵/۴– ۶۵/۳۱	
منگنز	۱۳/۲±۱/۶۵^{c}	۶۰/۱۶±۱/۳۷^{a}	۵۳/۸۹±۱/۰۸^{b}	۳۲/۳۸±۲۲/۰۹	۰/۰۰
	۱۱/۵۴–۱۴/۸۵	۵۸/۷۸–۶۱/۷۱	۵۲/۶۸–۵۴/۸۵	۱۱/۵۴–۶۱/۷۱	
مس	۳/۸۳±۰/۹۶^{c}	۱۳۶/۵۱±۴/۰۹^{a}	۹۷/۳۶±۱/۴۷^{b}	۷۹/۵۷±۵۸/۶	۰/۰۰
	۳/۸۷–۵/۸	۱۳۲–۱۴۰	۹۵/۷۶–۹۸/۶۵	۳/۸۷–۱۴۰	
آلومینیوم	۰/۰۹±۰/۰۳^{b}	۰/۲۱±۰/۰۳^{a}	۰/۱۵±۰/۰۵^{ab}	۰/۱۵±۰/۰۶	۰/۰۳
	۰/۰۶–۰/۱۲	۰/۱۷–۰/۲۵	۰/۱–۰/۲	۰/۰۶–۰/۲۵	

*متفاوت بودن حروف نشان از معنی‌دار بودن بین میانگین‌ها می‌باشد.



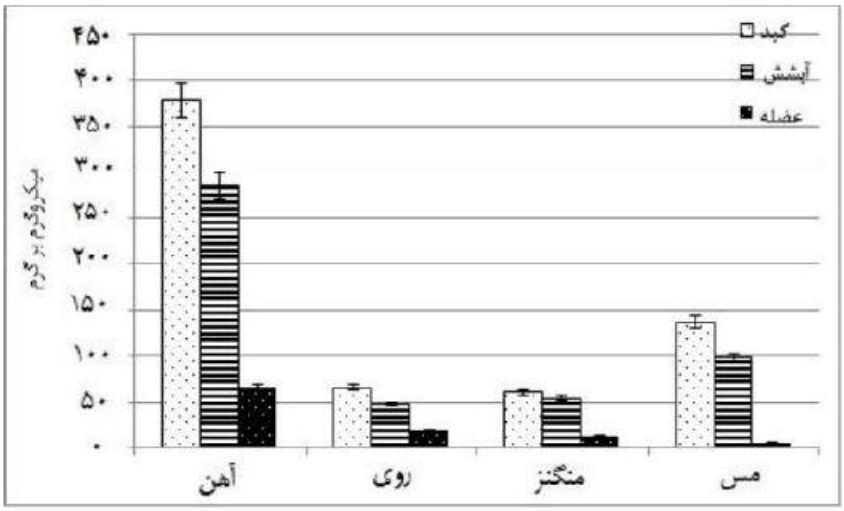
شکل ۱: میانگین غلظت هفت فلز سنگین در بافت‌های موردمطالعه.

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017



شکل ۲: میانگین غلظت چهار فلز سنگین در بافت‌های موردمطالعه.

جهت مشخص کردن رابطه همبستگی بین میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی سوف حاج طرخان از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۲). طبق این نتایج، بین میزان تجمع فلز سنگین کادمیوم با کروم، آهن، نیکل، روی، منگنز، مس و آلومینیوم در بافت‌های ماهی، رابطه مثبت معنی‌دار وجود دارد ($P\leq ۰/۰۵$). بدین معنی که با افزایش میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت ماهی، میزان تجمع این فلزات نیز افزایش می‌یابد. همچنین بین میزان تجمع فلزات سنگین جیوه، کروم، آهن، نیکل، روی، منگنز، مس و آلومینیوم با یکدیگر در بافت‌های ماهی، رابطه مثبت معنی‌دار نشان می‌دهد ($P\leq ۰/۰۵$)؛ اما میزان جذب فلز سنگین آرسنیک در بافت‌های ماهی به‌جز فلز جیوه با سایر فلزات رابطه معنی‌داری نداشته است ($P\geq ۰/۰۵$). نکته قابل‌توجه اینکه، در میزان تجمع فلز سنگین سرب با سایر فلزات هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد ($P\geq ۰/۰۵$).

جدول ۲: ضریب همبستگی و میزان معنی‌داری فلزات سنگین موردبررسی در بافت‌های مختلف ماهی سوف حاج طرخان.

	سرب	کادمیوم	جیوه	کروم	آرسنیک	آهن	نیکل	روی	منگنز	مس	آلومینیوم
سرب	۱										
کادمیوم	۰/۳۱۱	۱									
جیوه	۰/۰۰۷	۰/۶۴۱	۱								
کروم	۰/۲۱۵	۰/۹۷۶**	۰/۷۳۱*	۱							
آرسنیک	۰/۰۷۰	۰/۵۳۳	۰/۹۱۳**	۰/۶۲۸	۱						
آهن	۰/۲۶۵	۰/۷۹۶*	۰/۸۸۷**	۰/۸۵۳**	۰/۷۹۲**	۱					
نیکل	۰/۲۸۲	۰/۹۵۳**	۰/۶۹۸*	۰/۹۷۵**	۰/۶۸۵**	۰/۷۹۶*	۱				
روی	۰/۳۲۶	۰/۸۱۸**	۰/۸۹۵**	۰/۸۵۳**	۰/۷۹۲**	۰/۹۹۲**	۰/۸۰۳**	۱			
منگنز	۰/۱۱۹	۰/۷۶۵*	۰/۸۸۱**	۰/۸۵۰*	۰/۷۳۹*	۰/۹۸۵**	۰/۷۶۶*	۰/۹۶۷**	۱		
مس	۰/۲۵۸	۰/۸۰۹**	۰/۸۹۲**	۰/۸۶۶**	۰/۷۹۸**	۰/۹۹۹*	۰/۸۱۲**	۰/۹۹۳**	۰/۹۸۵**	۱	
آلومینیوم	۰/۱۰۳	۰/۶۷۸*	۰/۹۶۱*	۰/۷۲۷*	۰/۹۰۸**	۰/۸۰۵**	۰/۷۳۸*	۰/۸۳۵**	۰/۸۳۵*	۰/۸۱۲**	۱

*(سطح معنی‌داری ۰/۰۵ **) سطح معنی‌داری ۰/۰۱.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

جهت بررسی میزان جذب فلزات در سه بافت و ارتباط آن‌ها باهم نیز از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. مطابق نتایج جدول ۳، میزان جذب فلزات در بافت عضله با بافت‌های کبد و آبشش رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد ($p\leq ۰/۰۵$). همچنین بین میزان جذب در بافت آبشش و بافت کبد نیز رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد ($P\leq ۰/۰۵$). به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که با افزایش جذب فلزات در بافت‌های کبد و آبشش، به طبع میزان جذب فلزات در بافت عضله نیز افزایش پیدا می‌کند. هر چه قدر میزان جذب یا تجمیع فلزات در بافت کبد یا آبشش کمتر باشد میزان آن فلزات در بافت عضله نیز کمتر خواهد بود.

جدول ۳: نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین بافت‌های مختلف.

	ماهیچه	کبد	آبشش
ماهیچه	۱		
کبد	**۰/۹۴۸	۱	
آبشش	**۰/۹۵۳	**۰/۹۹۹	۱

** سطح معنی‌داری ۰/۰۱.

با توجه به مصرف ماهی سوف حاجی طرخان و ارزش اقتصادی آن جهت ارزیابی خطر انباشت فلزات موردبررسی در بافت عضله ماهی و همچنین آگاهی از وضعیت سلامت این ماهی برای مصرف‌کنندگان، این مقادیر با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شد و نتیجه این مقایسه در (جدول ۴) آورده شده است. یافته‌های به‌دست‌آمده از این مقایسه نشان داد که غلظت فلز سرب پایین‌تر از مقادیر استاندارد NHMRC، MAFF و بالاتر از استاندارد WHO می‌باشد (WHO, 1996; Tuzen, 2009; MAFF, 1995). فلز کادمیوم از تمامی استانداردها بالاتر بود. فلزات کروم، آرسنیک، آهن، نیکل، روی، مس و آلومینیوم پایین‌تر از تمامی مقادیر استاندارد می‌باشد (FAO/WHO, 1989). فلز منگنز پایین‌تر از استاندارد NHMRC و بالاتر از استاندارد WHO بود. یکی از مهم‌ترین نکات در سلامت آبزیان در بعد فلزات مقایسه آن با حد مجاز استانداردها و مشخص نمودن مقدار تغییرات افزایشی و کاهشی آن می‌باشد. در همین راستا جهت مشخص نمودن مقدار تغییرات جذب فلزات در بافت عضله در ستون آخر جدول ۴ نشان داده‌شده است؛ اما لازم به ذکر می‌باشد که محاسبه دقیق اینکه چقدر مقدار جذب در بافت عضله ماهیان برای سلامتی انسان مناسب و یا در بروز بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی اثر دارد نیاز به محاسبات پیچیده می‌باشد که نیاز به مطالعه دقیق‌تری در این زمینه است.

جدول ٤: مقایسه حد مجاز استانداردهای جهانی فلزات سمی و غیر سمی (میکروگرم/گرم) با بافت عضله ماهی سوف.

فلز سنگین	USEPA	WHO	MAFF	NHMRC	پژوهش حاضر	میزان تغییرات
سرب	۰/۰۰۵	۰/۴	۱/۵–۲	۱/۵	۰/۸۲±۰/۱۱	+ ۰/۳۷
کادمیوم	۰/۰۰۸	۰/۲	۰/۰۵–۰/۲	۰/۰۵	۰/۳۷±۰/۱۷	+ ۰/۲۷
جیوه	–	**۰/۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۱±۰/۰۳	– ۰/۳۹
کروم	۰/۰۵	۱/۳	-	-	۰/۵۷±۰/۱۲	– ۰/۹۳
آرسنیک	–	۰/۲	-	-	۰/۰۷±۰/۰۲	– ۰/۱۳
آهن	۰/۱	*۱۰۰	-	-	۶۴/۳۲±۱/۸۲	– ۳۵/۶۸
نیکل		۸۰–۶۰	-	-	۰/۳۲±۰/۱۲	– ۵۹/۵۸
روی	۰/۰۷۶	*۱۰۰	۵۰	۱۵۰	۱۷/۲۵±۱/۸	– ۸۲/۷۵

www.SID.ir

Archive of SID

فلز سنگین	USEPA	WHO	MAFF	NHMRC	پژوهش حاضر	میزان تغییرات
منگنز	–	*۱	-	۸۰-۶۰	۱۳/۲±۱/۶۵	+ ۱۲/۲
مس	۰/۱	۱۰	۲۰	۱۰	۴/۸۴±۰/۹۶	- ۶/۸۴
آلومینیوم	-	۱	-	-	۰/۰۹±۰/۰۳	- ۰/۹۱

*(FAO/WHO, 1989 **)Kojadinovic *et al.*, 2006

علامت + نشان‌دهنده مقدار تجمع فلز در بافت عضله بیش از استاندارد و علامت – نشان‌دهنده مقدار تجمع فلز در بافت عضله کمتر از استاندارد مجاز می باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک و کروم متعلق به گروه فلزات غیرضروری و سمی هستند و هیچ عملکرد شناخته‌شده‌ای در فرآیندهای بیوشیمیایی ندارند و این فلزات دارای پتانسیل بالا برای تنلیظ زیستی و انباشت در اندام‌های گوناگون ماهی هستند. به‌طورکلی، میزان تجمع فلزات مختلف در بافت‌ها به نقش فیزیولوژیک آن‌ها بستگی دارد (Lakshmanan *et al.*, 2009). نتایج این بررسی نشان داد سطح تمامی فلزات سنگین موردبررسی در بافت عضله به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از بافت‌های آبشش و کبد است. با توجه به اینکه اندام‌های کبد و آبشش، بافت‌های فعال متابولیکی هستند، تجمع فلزات در این بافت‌ها نسبت به بافت عضله بیشتر است. همچنین این بافت به‌منزله بزرگ‌ترین جرم جسم ماهی است که به‌عنوان مواد غذایی مصرف می‌شود (Malik *et al.*, 2010). فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند و این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش‌ها را در مقایسه با بافت ماهیچه (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می‌نماید (Filazi *et al.*, 2003). همچنین عضله مکان اولیه ذخیره این فلزات نیست. فلزات سنگین ابتدا در کبد ذخیره می‌شوند و سپس به عضله منتقل می‌گردند (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۹).

فلزات سنگین مس، نیکل، آهن، روی، منگنز و آلومینیوم به‌عنوان یک ماده ضروری برای بدن محسوب می‌شوند اما ورود بیش‌ازاندازه آن به بدن، ضرر دارد. با توجه به جدول ۴، میانگین غلظت تمامی این فلزات در بافت‌های کبد و آبشش بیش از میزان اعلام‌شده اندازه‌گیری شد. جذب سطحی فلزات به‌وسیله سطح آبشش، اولین نشان برای آلودگی در آب است (Jonsson and Part, 1998). دفع بسیاری از فلزات مانند جیوه، آرسنیک و سرب از طریق آبشش‌ها، صفرا (روده) و ترشح موکوس رخ می‌دهد. به نظر می‌رسد بالا بودن غلظت فلزات در بافت آبشش به علت اختلاط عناصر با مخاط آبشش است که جابجایی کامل عناصر از لایه‌ای آبشش را هنگام آماده‌سازی بافت برای آزمایش غیرممکن می‌کند. آبشش‌ها در قبال فلزات چهار مکانیم کاهش جذب از آب، سم‌زدایی فلزات به پروتئین‌های متالوتیونین، حفاظت از ساختارهای سلولی بااتصال به پروتئین و دفع فلزات را تحمل می‌کنند. بافت کبد از بافت‌های متابولیکی مهمی است که در فعل‌وانفعالات بدن و مسمومیت زدایی مواد نقش بسزایی دارد. چراکه کبد علاوه بر تجمع و ذخیره فلزات، سمیت زدایی و توزیع مجدد به بافت، محلی برای بررسی تأثیرات پاتولوژیکی در رابطه با آلودگی فلزات سنگین و انتقال آلاینده‌ها در ماهی است. نتایج بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که بافت کبد تمایل به انباشتگی فلزات سنگین در مقادیر بالا را دارد (Yilmaz, 2005).

نتایج مطالعه روی ماهی سوف حاجی طرخان در تالاب انزلی توسط اسلامی و ستاری (۱۳۹۱)، در بافت‌های ماهیچه و کبد به ترتیب غلظت سرب ۰/۸۹–۰/۳۸ و ۱/۷۹–۰/۷ و غلظت کادمیوم را ۰/۰۰۶ و ۰/۱۵–۰/۰۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک و پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای تغذیه‌ای (MAFF) اعلام کردند. پدرام ژرف و همکاران (۱۳۹۱) در بافت ماهیچه ماهی سوف حاجی طرخان، تجمع فلزات سنگین، سرب ۰/۴۷۵±۰/۰۳، کادمیوم ۰/۰۰۵±۰/۰۳۵ و مس ۰/۰۴±۰/۲۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری کردند. Stanek و همکاران (۲۰۱۲) در بافت‌های ماهیچه و آبشش ماهی سوف حاجی طرخان به ترتیب تجمع آهن را ۰/۸± ۲/۲۶ و ۱/۷± ۲۹/۵۹، روی ۴/۸۳± ۱۱/۵۲ و ۲/۶۷± ۹/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آوردند. Popek و همکاران (۲۰۰۹)، در بافت ماهیچه این ماهی تجمع روی ۲۰/۶۷، مس ۰/۳۲، سرب ۰/۴۰۳۹ و

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

کادمیوم ۰/۵۱ میکروگرم بر گرم اعلام کردند. Tkatcheva و همکاران (۲۰۰۰)، در بافت‌های ماهیچه و کبد ماهی سوف حاجی طرخان به ترتیب تجمع جیوه را ۰/۴۳– ۱/۴۵ و ۰/۴۲–۱/۱۳، کادمیوم ۰/۰۲– ۰/۰۱ و ۲/۳۳– ۱/۷۳، مس ۱/۴۹–۰/۶۳ و ۳۸۹–۱۶/۹۷، روی ۲۷/۳۰– ۲۱/۳۷ و ۱۱۹/۳۲–۱۰۳/۶۶، نیکل و کروم کمتر از ۰/۰۰۱ اعلام کردند. Brázová و همکاران (۲۰۱۲) در بافت‌های ماهیچه و کبد این ماهی به ترتیب تجمع آرسنیک را ۰/۱۹ و ۰/۸۰۲، کادمیوم ۰/۰۰۵۰ و ۱/۳۱، کروم ۰/۴۳۹ و ۰/۴۲۳، مس ۰/۳۱۹ و ۶/۸۱ جیوه را ۱/۰۵ و ۰/۷۳۹، منگنز ۰/۲۵۲ و ۲/۸۳، نیکل ۰/۱۳۷ و ۰/۲۸۶، سرب ۰/۱۹ و ۰/۰۱۶، روی ۷/۵۰ و ۲۵/۸ میکروگرم بر گرم اعلام کردند. Luczynska and Brucka-Jastrzebska (۲۰۰۹) در بافت‌های ماهیچه سوف در تالاب انزلی، میانگین غلظت روی را ۲۵/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک اعلام کرد. Pourang و همکاران (۲۰۰۵) میانگین غلظت منگنز و مس را ۵/۳ و ۲/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک اعلام کردند. Stanek و همکاران (۲۰۱۲) در بافت تازه ماهیچه‌های سوف به ترتیب غلظت آهن ۷/۸۹۵، منگنز ۱/۲۰۶، مس ۲/۵۳۲ و روی ۷/۱۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. غلظت فلزات به‌صورت روی>آهن> مس>منگنز اعلام شد (Radwan *et al.*, 1990). بر طبق یافته‌های نویسندگان دیگر میانگین تجمع فلزات روی، منگنز، آهن و مس در اردک‌ماهی به‌صورت آهن>روی>مس>منگنز و در ماهی سیم به‌صورت روی و منگنز> مس> آهن است که با مطالعات Chevreuil و همکاران (۱۹۹۵) هم‌نظر نمی‌باشد. مقادیر اصلی مس، روی و کادمیوم ممکن است به تغذیه بازگردد (Szarek and Amirowicz, 2003).

مقایسه میانگین میزان عناصر سنگین در تحقیق حاضر با استانداردهای بین‌المللی موجود در این زمینه (جدول ۴) بیانگر سالم بودن نسبی ماهی سوف حاجی طرخان و احتمالاً عدم آلودگی شدید این ماهی به عناصر سرب، کادمیوم، منگنز می‌باشد، به‌ویژه که حداقل میزان جذب و تجمع این عناصر در عضله ماهی سوف حاجی طرخان یعنی عضو خوراکی در تغذیه مردم است. ازآنجایی‌که تجمع تمامی فلزات سنگین موردبررسی در بافت‌های کبد و آبشش بالاتر از حد مجاز استاندارد جهانی است، به‌طورقطع نشان‌دهنده آلودگی بالای تالاب انزلی و به دنبال آن آبزیان نسبت به عناصر فوق است.

یکی از دلایل آلودگی تالاب انزلی، دپوی غیراصولی و غیربهداشتی پسماندها در اطراف این تالاب است. متأسفانه علاوه بر این مشکل، ورود فاضلاب انسانی (حضور گردشگران)، وجود صنایع مختلف در حوزه‌های آبریز به تالاب انزلی ازجمله عللی است که باعث تشدید آلودگی آن می‌شود. ازآنجایی‌که بسیاری از این صنایع سیستم تصفیه مناسبی ندارند، موجب ورود پساب صنعتی حاوی فلزات سنگین به آب تالاب می‌شوند.

مهم‌ترین دلایل بالا بودن غلظت سرب در تالاب انزلی، وجود صنایع مختلف (مانند صنایع دریایی بزرگ، استفاده از رنگ‌های صنعتی شامل ضدزنگ به‌عنوان جلبک‌کش و ماده پوششی محافظ چوب) در منطقه و تخلیه پساب‌های صنعتی دانست. منشاء اصلی سرب در منطقه موردمطالعه احتمالاً تردد اتومبیل‌های با سوخت بنزین سرب‌دار بوده است. دلایل بالا بودن غلظت کادمیوم، استفاده وسیع از آن در انواع کودهای فسفاته مصنوعی و سموم کشاورزی است. دلایل آلودگی به فلز جیوه به دلیل استفاده از جیوه و ترکیبات آن در قارچ‌کش‌هاست. فرآیند تصفیه فاضلاب، سوخت نفت و گاز، رنگ‌سازی، کاغذ و صنایع سلولزی، نیز ممکن است جیوه را در آب منتشر نماید. آرسنیک و ترکیبات آن به‌عنوان آفت‌کش علف‌کش، حشره‌کش و آلیاژهای مختلف بکار می‌روند. با توجه به اینکه مناطق موردمطالعه، دارای اهمیت کشاورزی با تراکم کشت‌های مختلف هستند، پس از استفاده از کودهای شیمیایی، سموم کشاورزی، قارچ‌کش و علف‌کش در مزارع به‌وسیله وزش باد، شستشوی خاک مزارع در اثر بارش باران و نشت پساب‌های کشاورزی وارد رودخانه‌ها می‌شوند و بقیه آن، حین انهدام زباله‌های حاصل از تولید کود توسط شرکت‌های تولیدکننده وارد آب‌های سطحی می‌شود. کروم در کارخانه‌های تولید فولاد، چرم و نساجی استفاده می‌شود. ورود پساب حاوی کروم ۶ حاصل فعالیت کارخانه‌ها نساجی استان گیلان در منطقه انزلی و کارگاه‌های کوچک و بزرگ نساجی و چرم‌سازی عامل مهمی برای ورود آلودگی به تالاب انزلی و سایر مناطق اطراف می‌باشد. رودخانه پیربازار با اکسیژن محلول بسیار پایین آلوده‌ترین رودخانه ورودی به تالاب است. این رودخانه از شهر رشت می گذرد و فاضلاب‌های فراوانی در مسیر عبور از این شهر وارد این رودخانه می‌شود. تخلیه پساب صنایع ذوب و آبکاری فلزات مانند مس، سرب و نیکل، روی، کروم و کادمیم همچنین پساب واحدهای شیمیایی می‌تواند منجر به تجمع فلزات در رسوبات شود. بعضی از مراکز صنعتی در حاشیه

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

تالاب و حوضه آبخیز آن پساب خام را وارد سیستم رودخانه‌ای می‌کنند و هیچ داده‌ای در مورد ورودی فلزات سنگین از این مراکز صنعتی وجود ندارد، بااین‌حال امکان آلودگی ناشی از این منابع وجود دارد (غضبان و زارع خوش‌اقبال، ۱۳۹۰) درنتیجه به آلوده نمودن آب دریا و در پی آن ماهیان منجر می‌گردد (الصاق، ۱۳۸۹). مطالعه دیگری میزان فلزات سنگین کادمیوم و سرب در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان بندر انزلی را پایین‌تر از استانداردهای تغذیه‌ای (MAFF) اعلام کردند (اسلامی و ستاری، ۱۳۹۱). مطالعه دیگری میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم را ۰/۰۷۲ و ۰/۶۷ میکروگرم برگرم در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان به دست آوردند (پدرام ژرف و همکاران، ۱۳۹۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود علت تفاوت در نتایج این پژوهش در اندازه‌گیری تجمع مقادیر فلزات سنگین بافت‌های ماهی سوف حاجی طرخان در تالاب انزلی در مقایسه با نتایج سایر مطالعات دیده می‌شود. علت آن احتمالاً تفاوت منابع آلاینده در مناطق نمونه‌برداری است. همچنین می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله شرایط محیطی، فصل نمونه‌برداری و کیفیت منابع تأمین‌کننده آب، صنایع مجاور در حاشیه سواحل و مقررات دفع پساب، بافت‌های مورد آزمایش، شرایط متفاوت فعالیت‌های آزمایشگاهی (روش‌های متفاوت هضم شیمیایی نمونه‌ها) و غیره باشد (AWWA WEF, APHA 1992). مناطق شهری و روستایی احاطه‌شده با مناطق کشاورزی، سطح وسیعی از حوضه آبخیز تالاب را تشکیل می‌دهند. کیفیت و کمیت آب رودخانه‌ها تحت تأثیر فاضلاب ورودی نواحی شهری و صنعتی و رواناب نواحی کشاورزی قرار دارد. زهکشی فاضلاب‌ها، مقدار زیادی از آب‌های آلوده به فلزات سنگین، کودها، آفت‌کش‌های کشاورزی، مواد آلی، شوینده‌ها و آلاینده‌های دیگر را وارد تالاب می‌کند. صنایع متفاوت نظیر فولادسازی، لاستیک‌سازی، سرامیک‌سازی، پلاستیک‌سازی، صنایع شیر مستقر در شهرهای رشته انزلی، فومن و صومعه‌سرا منابع مختلف آلاینده به شمار می‌روند. پساب تمامی این صنایع به درون رودخانه‌ها ریخته و درنهایت وارد تالاب می‌شود (غضبان و زارع خوش‌اقبال، ۱۳۹۰). منگنز یکی از فراوان‌ترین فلزات در خاک است و به‌صورت اکسید و هیدروکسید وجود دارد و در حالت‌های اکسایش مختلف وارد چرخهٔ محیط‌زیست می‌شود. ترکیبات منگنز به‌طور طبیعی، در محیط‌زیست به‌صورت جامد در خاک و ذرات در آب وجود دارند. منگنز، از طریق استفاده از آفت‌کش‌ها، فعالیت‌های صنعتی و سوخت‌های فسیلی حاصل از منابع انسانی وارد آب‌های سطحی، زیرزمینی و آب فاضلاب و درنهایت وارد تالاب می‌شود (سرشتی، ۱۳۹۲).

ارتباط بین چگونگی توزیع عناصر مختلف به‌وسیله ضریب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد که همبستگی معنی‌دار بین فلز آلومینیم و فلزاتی نظیر آهن، منیزیم، نیکل و روی نشانه همراهی این عناصر با کانی‌های آلومینوسیلیکاته است. عناصر آلومینیم، منیزیم و آهن عموماً از فرسایش فیزیکوشیمیایی سنگ مادر، یا خاک به وجود می‌آیند و همبستگی بالای فلزات سنگین با این عناصر نشانگر منشاء طبیعی فلزات سنگین است. همبستگی بالای آلومینیم با روی و نیکل می‌تواند به دلیل انتقال این دو عنصر با پیوند به سطح کانی‌های رسی باشد. بررسی حاضر نشان داد رابطه همبستگی مثبت بین میزان جذب فلزات کادمیوم، جیوه و آرسنیک با فلز سرب؛ همچنین فلز جیوه و آرسنیک با فلز کادمیوم؛ و فلز آرسنیک با جیوه وجود دارد. علت آن می‌تواند مشابهت زیاد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بین عناصر باشد. همچنین به علت مسیرهای بیوشیمیایی مشابه، وقوع لیگاندهای خاص در اتصال فلز با برخی پروتئین‌های خاص در برخی از جانوران باشد (Pourang *et al.*, 2005). البته ممکن است نشان‌دهنده یکسان بودن منابع آلودگی و شدت بالای آلودگی باشد. در بررسی ارتباط میزان جذب فلزات بین سه بافت ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بین میزان جذب فلزات در بافت عضله با بافت‌های کبد و آبشش رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین میزان جذب فلزات در بافت آبشش و کبد این رابطه همبستگی مستقیم نیز وجود دارد؛ که این به دلیل وجود عملکرد این بافت‌ها در فعالیت فیزیولوژی ماهیان می‌باشد.

نتایج پژوهش کنونی نشان می‌دهد که بین میزان جذب فلزات سنگین با یکدیگر رابطه معنی‌داری وجود دارد. غلظت تجمع فلزات سمی و غیر سمی بروی هم اثر مثبتی دارند همچنین میزان جذب در بین بافت‌های مختلف عضله، کبد و آبشش نیز رابطه معنی‌داری حاکم هست. در بررسی میزان سلامت ماهی سوف حاجی طرخان به‌جز فلز سرب، کادمیوم و منگنز بقیه مقادیر فلزات پایین‌تر از استانداردهای جهانی بود و ازاین‌رو این ماهی ازنظر مصرف دارای سلامت نسبی برخوردار می‌باشد. بالا بودن میزان فلزات سرب، کادمیوم و منگنز در ماهی سوف می‌تواند در درازمدت منجر به کاهش توان تولیدمثلی آبزیان، مشکلات تنفسی و عصبی و ... شود و با توجه به انباشت زیستی آن در بدن موجودات و انتقال آن‌ها به

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف‌کنندگان بعدی ازجمله انسان می‌تواند عوارض غیرقابل جبرانی را ایجاد نماید. همچنین می‌تواند تهدیدی برای تالاب انزلی در جهت افزایش بار آلودگی این اکوسیستم باارزش باشد و در این خصوص نیاز به مطالعات بیشتری در جهت شناسایی منابع آلودگی لازم و ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق پژوهشی با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن و در آزمایشگاه تحقیقات شیلات انجام پذیرفت. از جناب مهندس مصطفی باقری توانی که در انجام این پژوهش این‌جانب را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

اسلامی، ی. و ستاری، م.، ۱۳۹۱. غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) و لای ماهی (*Tinca tinca*) در تالاب انزلی. پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات، ۷۰ ص.

الصاق، الف.، ۱۳۸۹. تعیین برخی فلزات سنگین در عضلات ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) جنوب مرکزی دریای خزر. نشریه دامپزشکی، شماره ۸۹، صفحات ۳۴-۳۳.

بهشتی، م.، عسگری ساری، ا.، خدادادی، م. و ولایت زاده، م.، ۱۳۸۹. اندازه‌گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین (Cu, Fe, Zn, Mn) در اندام‌های مختلف ماهی بیاح (*Liza abu*) در رودخانه دز استان خوزستان. مجله اکوبیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره ۶، صفحات ۷۹-۷۱.

پدرام زرف، م.، خوشبخو، ژ.، خارا، ح. و بابائی، ه.، ۱۳۹۱. اندازه‌گیری غلظت سرب، کادمیوم و مس در بافت خوراکی ماهی بدوسیله تکنیک طیف‌سنج جذب اتمی شعله‌ای. سومین کنگره عناصر کمیاب ایران، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، ۹ و ۱۰ اسفند ۱۳۹۱، ۶۱۵ ص.

سلگی، ع. و اسفندی سرافراز، ج.، ۱۳۹٤. تعیین سرب و کادمیوم در بافت خوراکی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) سواحل بندرانزلی: انباشت و خطر مصرف آن. مجله بوم‌شناسی آبزیان، شماره ۱، صفحات ۴۳-۳۴.

سلامات، ن.، خلیفی، خ.، اعتمادی، ا.، محمدی، ی. و موحدی نیاء ع.، ۱۳۹۳. سنجش میزان فلزات سنگین (سرب، قلع و روی) در بافت‌های خوراکی (عضله) و غیرخوراکی (کبد) ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) تالاب انزلی. نشریه دامپزشکی در پژوهش و سازندگی، شماره ۱۰۵، صفحات ۸۴-۷۸.

سوشتی، ح.، ۱۳۹۲. شیمی تجزیه در محیط‌زیست. انتشارات دانشگاه تهران، صفحات ۱۸-۱۶.

خالصی، س.، ۱۳۸۲. آزمون‌های آماری در علوم زیست‌محیطی. انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۶۴ ص.

عبدلی، الف. و نادری، م.، ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان، ۲۲۷ ص.

کریمپور، م.، ۱۳۷۷. ماهیان تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، شماره ۲، صفحات ۹۴-۸۳.

غضبان، ف. و زارع خوش‌اقبال، ف.، ۱۳۹۰. بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). مجله محیط‌شناسی، شماره ۵۷، صفحات ۵۶-۴۵.

گلشن‌آباد، ع.ج.، تقوی جلودار، ح.، امجدی، م. و فضلی، ح.، ۱۳۹٤. بررسی غلظت فلزات سنگین (آهن، روی، مس و کادمیوم) در بافت‌های مختلف ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) در نواحی جنوبی دریای خزر. نشریه دامپزشکی در پژوهش و سازندگی، شماره ۱۰۵، صفحات ۱۶-۱۰.

مشروفه، ع.، ریاحی بختیاری، ع. و پورکاظمی، م.، ۱۳۹۲. غلظت کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در عضله و خاویار تاس ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) با تأکید بر ارزیابی ریسک ناشی از مصرف عضله. مجله سلامت و محیط، شماره ۳، صفحات ۳۱۶-۳۰۷.

APHA AWWA WEF, 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th Ed. American public health association, Washington, 3-13.

Al-Kahtani, M., 2009. Accumulation of heavy metals in tilapia fish from Al_Khadoud spring, Al-Hassa, Saudi Arabia. America Journal of Applied Sciences, 6 (12): 2024-2029.

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

Brázová, T., Torres, J., Eira, C., Hanzelová, V., Miklisová, D. and Šalamún, P., 2012. Perch and Its Parasites **as Heavy Metal Biomonitors in a Freshwater Environment: The Case Study of the Ružín Water Reservoir**, Slovakia, Sensors: 12, 3068-3081.

Chevreuil, M., Carru, A. M., Chesterikoff, A., Boët, P., Tales, E. and Allardi, J., 1995. Contamination of fish from different areas of the river Seine (France) by organic (PCB and pesticides) and metallic (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) micropollutants. Science of the Total Environment, 162: 31-42.

Elsagh, A. and Rabani, M., 2010. Determination of heavy metals in salt from filtration with water washing method and comparing with standard. 2nd Iranian Congress for Trace Elements. P5.

FAO/WHO, 1989. National Research Council Recommended Dietary Allowances (10th Ed.), National Academy Press, Washington, DC. USA.

Filazi, A., Baskaya, R. and Kum C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman Turky. Human Experiment Toxic, 22, 85-87.

Jonsson, M. and Part, P., 1998. Mechanisms of development of tolerance to heavy methals in epithelial gill cells of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Marine Environment Research, 46: 605.

Irwandi, J. and Farida, O., 2009. Mineral and heavy metal contents of marine fin fish in Langkawi island, Malaysia. International Food Research Journal, 16: 105-112.

Kojadinovic, J., Potier, M., Corre, M. L., Cosson, R. P. and Bustamante, P., 2006. Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science of the Total Environment, 366: 688–700.

Luczynska, J. and Brucka-Jastrzebska, E., 2005. The relationship between the content of lead and cadmium in muscle tissue and the size of fish from lakes in the Olsztyn Lake district of northeast Poland. Archives of Polish Fisheries, 13(2): 147–155.

Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P., Rajaram, V. and Rajagopal, S., 2009. Heavy Metals Accumulation in Five Commercially Important Fishes of Parangipettai Southeast Coast of India. Advance Journal of Food Science and Technology, 1: 63-65.

MAFF, 1995. Monitoring and surveillance of nonradioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report No. 44. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.

Malik, N., Biswas, A.K., Qureshi, T. A., Borana, K. and Virha, R., 2010. Bioaccumulation of heavy methals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. Environmental Monitoring and Assessment, 160: 267.

Moopam, 1983. Manual of oceanographic observation and pollution analysis. Regional organization for the protection of marine environment (ROPME) P220.

Özparlak, H., Arslan, G. and Arslan, E., 2012. Determination of Some Metal Levels in Muscle Tissue of Nine **Fish Species from Beyşehir Lake Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 12: 761-770.

Popek, W., Kleczar, K., Nowak, M. and Epler P., 2009. Heavy metals concentration in the tissues of perch (*Perca fluviatilis*) and bleak (*Alburnus alburnus*) from Czarna Orawa River, Poland. AACL Bioflux, 2(2): 205-208.

Pourang, N., Tanabe, S., Rezvani, S. and Dennis, J., 2005. Trace elements accumulation in edible tissue five sturgeon species from the Caspian Sea. Environmental Monitoring and Assessment, 100, 89–108.

Radwan, S., Kowalik, W. and Kornijów R., 1990. Accumulation of heavy metals in a lake ecosystem. Science of the Total Environment, 96: 121-129.

Stanek, M., Stasiak, K., Janicki, B. and Bernacka, H., 2012. Content of selected elements in the muscle tissue and gills of perch (*Perca fluviatilis*) and water from a Polish Lake. Polish Journal of Environmental Studies, 21(4):1033-1038.

Szarek-Gwiazda, E. and Amirowicz, A., 2003. Bioaccumulation of trace elements in roach, *Rutilus rutilus* (L.) in a eutrophicated submontane reservoir. Chemistry and Ecology, 10: 445-453.

Tkatcheva, V., Holopainen, I. J. and Hyvarinrn, H., 2000. Heavy metals in perch (*Perca fluviatilis*) from the Kostomuksha region (North-western Karelia, Russia). Boreal Environment Research, 5: 209-220.

www.SID.ir

Archive of SID

Tuzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea. Turkey Food and Chemical Toxicology, 47(9): 2302-2307.

Yilmaz, B. A., 2005. Comparison of Heavy metal levels of grey Mullet (*Mugil cephalus*) and sea Bream (*Sparus aurata*) caught in Iskenderun Bay (Turkey). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29: 257- 262.

Sharifi, M., 2006. The Pattern of Caspian Sea Water Penetration into Anzali Wetland: Introduction of a Salt Wage. Caspian Journal of Environmental Sciences, 4 (1):77-81.

Ubalua, A. O. and Chijioke, U. C., 2007. Determination and assessment of heavy metal content in Fish and shellfish in Aba River, Abia State, Nigeria. KMITL Science and Technology Journal, 7:16-23.

WHO, 1996. Health criteria other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd ed, 2: 31-388.

WHO, 1980. Technical report series. (Recommended health-based limits in occupational exposure to heavy metals). NO. 649.

Zare Khosheghbal, M., Ghazban, F., Sharifi, F. and Khosrotehrani, K. H., 2011. Using geostatic and GIS to heavy metal pollution zonation in Anzali wetland sediment. Iran Journal of Earth, 4(19): 130-147.

Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir at 17:54 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir