

بررسی میزان تجمع کادمیوم و سرب در بافت خوراکی ماهی سفید در تالاب انزلی

علی اصغر خانی پور^۱، مینا سیف زاده*^۲، مینا احمدی^۳ و قربان زارع گشتی^۴

۱. پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی کشور

۲،۳ و ۴. مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۲

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی مقدار تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت خوراکی ماهی سفید تالاب انزلی و مقایسه آن با استانداردهای جهانی FAO و FDA انجام شده است. ماهی سفید از مناطق غرب، مرکزی و شرق تالاب انزلی توسط صیادان محلی صید شدند. پس از هضم، میزان تجمع عناصر سنگین با استفاده از روش جذب اتمی شعله ای اندازه گیری شد. میانگین غلظت فلز کادمیوم در ماهی سفید تالاب مرکزی ۰/۰۵، در تالاب غرب ۰/۰۳ و در تالاب شرق ۰/۰۳ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بود. مقدار این فلز در نواحی مختلف تالاب با هم تفاوت معنی داری نداشت ($P \geq 0/05$). میانگین غلظت فلز سرب در ماهی سفید تالاب غرب ۰/۳۳، مرکزی ۰/۵ و شرق ۰/۴۱ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بود. فلز سرب در نواحی مختلف تالاب در مقایسه با هم تفاوت معنی داری نداشت ($P \geq 0/05$). سرب در ماهی سفید تالاب مرکزی افزایش معنی دار در مقایسه با استاندارد خوارو بار جهانی نشان نداد ($P \geq 0/05$). همینطور کادمیوم در ماهی سفید این ناحیه از تالاب در محدوده مجاز استانداردهای جهانی بود.

واژگان کلیدی: سرب، کادمیوم، ماهی سفید، تالاب انزلی، بافت خوراکی

*نگارنده پاسخگو: m_seifzadeh-ld@yahoo.com

سبب قرار گرفتن آبریان در معرض این آلاینده ها می شود (ابراهیمی و ساکی زاده، ۱۳۹۱). ورود این آلاینده ها سبب بهم خوردن سیستم طبیعی تالاب شده و در دراز مدت باعث تجمع زیستی (Bioaccumulation) عناصر آلاینده و فوق سمی وارد بافت آبریان به خصوص ماهیان شده و به دلیل وارد شدن در زنجیره غذایی می تواند سلامت و بهداشت مصرف کنندگان را به مخاطره انداخته و سبب بروز انواع بیماری های خونی، عصبی و حتی ژنتیکی گردد (Elnabris et al., 2013).

ماهی سفید از جمله ماهیان اقتصادی دریای خزر محسوب شده و به اشکال مختلف مانند شور، دودی، خشک و تازه خوری به مصرف عموم می رسد. از تحقیقات انجام شده در مورد بررسی فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهیان اقتصادی ایران می توان از پناهنده و همکاران در سال ۱۳۹۲، الصاق و همکاران در سال ۱۳۸۹، ابراهیمی و ساکی زاده در سال ۱۳۹۱، بابایی و همکاران در سال ۱۳۹۰ و شریعتی و همکاران در سال ۱۳۹۲ نام برد. در سایر کشورها، Oyakhilome در سال ۲۰۱۳، Kumar و Mukherjee در سال ۲۰۱۱، Nwachi و Nwani در سال ۲۰۱۲، Safiur Rahman و همکاران در سال ۲۰۱۲، تعیین مقادیر فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهیان اقتصادی تحقیق شد. با توجه به نقش فلزات سنگین بر سلامت و طول عمر انسان و خطرات ناشی از مصرف و تجمع آنها در بدن انسان ارزیابی و کنترل میزان آلودگی در ماهیان اقتصادی به عنوان بیواندیکاتور ضروری به نظر می رسد (Authman et al., 2015). لذا، تحقیق حاضر با هدف بررسی مقدار تجمع سرب و کادمیوم در بافت خوراکی ماهی سفید در نواحی مرکزی، شرقی و غربی تالاب انزلی و مقایسه آن با استانداردهای جهانی FAO و WHO انجام شده است.

مواد و روش ها

نمونه برداری از ماهی سفید در تالاب بین المللی انزلی طی سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در سه ناحیه شرقی، غربی و مرکزی توسط صیادان و با استفاده از تور گوشگیر با نخ های نایلونی و چشمه های اندازه ۰.۵، ۰.۴، ۰.۳ میلی متری انجام شد. در

ماهی به عنوان یک منبع پروتئینی ارزشمند در سبد غذایی بسیاری از مردم قرار دارد و تخمین زده می شود که بین ۱۵ تا ۲۰ درصد از پروتئین های حیوانی از منابع آبی تأمین می شود. پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل مواد حاصل از سوختن سوخت های فسیلی، فرسایش زمین، فضولات انسانی و دامی و پساب ناشی از پرورش دام، منابع تشکیل دهنده فلزات سنگین در پیکره آبی و رسوبات هستند (Islam et al., 2015). آلودگی تالاب بین المللی انزلی به آلاینده های مختلف و انتقال آن از طریق چرخه مواد غذایی به انسان طی سالیان اخیر به یکی از دغدغه های اصلی مردم و مسئولان تبدیل شده است. این تالاب بستر زیست و تولید مثل بسیاری از آبریان و پرندگان می باشد که ورود فلزات سنگین و سایر آلاینده ها از یکسو و ورود مواد مغذی و پدیده یوتریفیکاسیون از سوی دیگر باعث تهدید این محیط آبی کم نظیر و ساکنین آن شده است. فلزات سنگین بعنوان یکی از گروه های اصلی آلاینده های محیط های آبی در اثر فرآیندهای طبیعی و فعالیت های انسانی به محیط های آبی راه می یابند (Varol, 2011).

آلودگی محیط زیست ناشی از فلزات سنگین در اثر توسعه شهرنشینی و صنایع که منجر به افزایش کمیت و کیفیت فاضلاب و پساب تولیدی شده است، به طور فزاینده ای در حال رشد است. هم اکنون پیدایش مسمومیت های شدید در جوامع انسانی و حیوانی مصرف کننده آب و محصولات کشاورزی، به صورت یکی از مباحث مهم دنیا در آمده است (Baharom et al., 2015). فلزات سنگین از جمله آلاینده های زیست محیطی هستند که مواجه شدن انسان با بعضی از آن ها از طریق آب و مواد غذایی می تواند مسمومیت های مزمن و بعضاً حاد خطرناکی را ایجاد نمایند که از جمله آن ها می توان به فلزاتی نظیر سرب و کادمیوم اشاره کرد. فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و انسان ساخت وارد محیط زیست می شوند. میزان ورود این فلزات سنگین به داخل محیط زیست، بسیار فراتر از میزانی است که به وسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می شوند. سیستم های آبی به طور طبیعی دریافت کننده ی نهایی این فلزات هستند. ورود فلزات سنگین در پسابهای صنعتی و متعاقب آن به محیط های آبی، به طور پیوسته

مقدار جذب و غلظت هر یک از فلزات سنگین کادمیوم و سرب توسط دستگاه خوانده شد. برای رسم خط کالیبراسیون، از محلول های استاندارد با غلظت های مختلف که از محلول استاندارد مادر با غلظت ۱۰۰۰ ppm تهیه شده بودند، استفاده شد. کلیه مواد شیمیایی از شرکت Merck آلمان تهیه گردید.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده های حاصله با نرم افزار-SPPS 17 انجام شد. توزیع نرمال داده ها با استفاده از آزمون Kolmogorov - Smirnov بررسی شد. برای مقایسه تجمع فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهی سفید از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید.

نتایج

نتایج به دست آمده از اندازه گیری فلزات سنگین در ماهی سفید در سه ناحیه مرکزی، غرب و شرق تالاب در محدوده نرمال بودند.

هر منطقه ۱۵ قطعه ماهی در محدوده ی وزنی ۴۵۰ تا ۶۰۰ گرم انتخاب شد. آماده سازی نمونه ها با روش Moopam, (1999; Baldwin *et al.*, 1999) انجام شد. در ابتدا ماهیان توسط کولیس و ترازوی دیجیتالی با ۰/۰۱ گرم دقت بیومتری گردیدند. برای آماده سازی نمونه ها، ابتدا ماهی ها شستشو داده شدند، سپس فیله شده و توسط دستگاه استخوان گیر گوشت گیری شدند. مقدار ۲۰ الی ۳۰ گرم از بافت گوشت هموزنه شد. گوشت همگن شده به مدت ۱۰ ساعت در دستگاه فریز درایر مدل CHRIST-LCG (در دمای ۵۵- درجه سلسیوس) قرار گرفت تا کاملاً خشک گردید. در مرحله بعد نمونه ها با استفاده از آسیاب برقی پودر شدند. هضم شیمیایی نمونه ها با روش هضم تر و مخلوط اسید (HClO₄/ HNO₃) صورت گرفت. بعد از سرد شدن نمونه های هضم شده توسط کاغذ صافی (واتمن شماره ۴۲) صاف گردید و با استفاده از آب مقطر (دو بار تقطیر) در بالن های حجمی به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. محلول بدست آمده به دستگاه جذب اتمی شعله کمپانی ژاپن SHIMADZU مدل AA/680 تزریق و

جدول ۱ - میانگین نتایج بیومتری ماهی سفید تالاب انزلی در ایستگاه های مرکزی، غرب و شرق

ایستگاه های صید	طول کل (cm)	وزن(گرم)
تالاب غرب	۳۹/۱۷±۵/۱۸	۴۷۲±۲۷/۱۲
تالاب مرکزی	۴۲/۰۵ ±۶/۸۲	۵۲۵ ±۳۴/۲۳
تالاب شرق	۴۱/۷۴ ± ۳/۱۷	۵۷۹±۱۷/۸۰

جدول ۲- مقایسه فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت خوراکی ماهی (میکروگرم/ گرم وزن خشک) با استاندارد های جهانی

ایستگاه های صید	سرب	کادمیوم
تالاب غرب	۰/۳۳۹ ± ۰/۴۷	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۴
تالاب مرکزی	۰/۵۳۷ ± ۰/۷۶	۰/۰۵۶ ± ۰/۰۷
تالاب شرق	۰/۴۱۶ ± ۰/۵۸	۰/۰۳۸ ± ۰/۰۵
FDA	۵	۱
FAO	۰/۵	۰/۵

میانگین غلظت فلز کادمیوم در ماهی سفید تالاب مرکزی ۰/۰۵، در تالاب غرب ۰/۰۳ و در تالاب شرق ۰/۰۳ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بوده و سه منطقه با هم تفاوت معنی داری نداشته اند ($P \geq 0/05$). میانگین غلظت فلز سرب در ماهی سفید تالاب غرب ۰/۳۳، مرکزی ۰/۵ و شرق ۰/۴۱ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بوده که نسبت به هم تفاوت معنی داری نداشته اند ($P \geq 0/05$). در بخش غربی تالاب تجمع فلز کادمیوم از سرب بیشتر بوده و در بخش مرکزی و شرقی تجمع سرب از کادمیوم بیشتر است.

بحث و نتیجه گیری

میانگین غلظت فلز کادمیوم در ماهی سفید تالاب مرکزی ۰/۰۵، در تالاب غرب ۰/۰۳ و در تالاب شرق ۰/۰۳ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بود. بر اساس نتایج بدست آمده مقدار این فلز در نواحی مختلف تالاب با هم تفاوت معنی داری نداشت ($P \geq 0/05$). میانگین غلظت فلز سرب در ماهی سفید تالاب غرب ۰/۳۳، مرکزی ۰/۵ و شرق ۰/۴۱ $\mu\text{g/g}$ وزن خشک بود. فلز سرب در نواحی مختلف تالاب در مقایسه با هم تفاوت معنی داری نداشتند ($P \geq 0/05$).

با توجه به این که سرب از راه های مختلف مانند باران، آب های سطحی و گازهای خروجی از وسایل نقلیه حاوی تترائیل سرب، صنایع باتری سازی، رنگ سازی، تهیه آلیاژهای فلزی و غیره، احتراق بنزین و انتشار آن در هوا و رسوب سرب روی خاک و حمل و جابجایی رسوبات حاوی سرب بوسیله آب باران و رودخانه ها به تالاب وارد می شود. علاوه بر این گسترش مناطق شهری و شهرنشینی و فعالیت های صنعتی و کشاورزی نیز سبب ورود آلاینده های مختلف مانند فلزات سنگین به تالاب می شود. علیرغم بخش غربی، بخش شرقی تحت تاثیر افزایش کشاورزی و دامداری، مجاورت با نقاط مسکونی و پرجمعیت، ورود رودخانه های مختلف با فاضلاب ها و آلاینده های خانگی و غیره بالاخص رودخانه پیربازار می باشد. این شرایط سبب آلودگی رسوبات این نواحی به فلزات سنگین و بالطبع افزایش فلزات سنگین سرب و کادمیوم در ماهی سفید بخش شرقی این تالاب نسبت به منطقه غربی شد. تفاوت مشاهده شده در مقادیر فلزات سنگین ماهی سفید صید شده از نواحی مختلف تالاب تحت تاثیر عوامل مختلف مانند مقدار مواد آلی منابع آلاینده و غیره می باشد (Javed, 2010).

وجود فلزات سنگین در پساب های صنعتی و ورود این پساب ها به محیط های آبی و تالاب، پایدار بودن فلزات سنگین و غیر قابل تجزیه بودن این فلزات به وسیله فرآیندهای شیمیایی و زیستی سبب باقی ماندن این عناصر در محیط های آبی و آلودگی آبزیان این مناطق از جمله ماهی سفید به این فلزات شد. اما وجود عوامل متعدد مانند باکتری های تجزیه کننده فلزات سنگین در تالاب و تراکم پائین فیتوپلانکتون سبب کاهش این فلزات در محیط های آبی و بالطبع در بافت ماهی سفید شد. توجه به مکان عمده تجمع و رسوب سرب در بدن آبزیان (استخوان های ماهی) و این که ماهی سفید از آبزیان دارای استخوان های زیاد است نیز می تواند یکی دیگر از دلایل کاهش سرب در بافت عضلانی این ماهی محسوب شود (Houtman & Vander Hammer, 1975). با توجه به موارد فوق وجود مقدار زیاد سرب در بدن ماهی سفید تحت تاثیر مجاورت تالاب با مناطق دارای فعالیت کشاورزی و صنعتی زیاد و ورود فاضلاب های شهری تصفیه نشده به محیط های آبی و تمایل فلز سرب علاوه بر استخوان ها به تجمع در بافت های پر تحرک آبزیان سبب جذب سرب از طریق آبشش و ورود ذخیره آن در بافت ماهیچه ای ماهی شد. اما با توجه به این که ماهی سفید از گروه ماهیان شکارچی نبوده و عدم تمایل ماهیان غیر شکارچی به تجمع فلزات تجمع این فلز در بافت ماهی بالا نمی باشد. با توجه به افزایش غلظت سرب در آب و تاثیر آن بر افزایش مقدار این عنصر در آبزیان، کاهش جذب سرب از طریق غذا توسط آبزیان و عدم تاثیر افزایش مقدار غذا و سن بر افزایش مقدار سرب در ماهیان می توان گفت که میزان جذب سرب از طریق تغذیه اهمیت چندانی نداشته و این عنصر صرفاً از طریق آب آلوده و عبور از آبشش جذب بدن آبزیان شده و تجمع یافته است (Murphy, 1978; Gerhardt, 1990).

علیرغم این که مکان عمده تجمع کادمیوم در اندام هایی مثل کلیه و کبد ماهی بوده و مقدار آن در بخش خوردنی ماهی (عضله ماهی) به طور کلی پائین است، افزایش مقدار کادمیوم در بافت ماهیچه ای ماهی تحت تاثیر ورود کادمیوم از راه های مختلف مانند تعمیرات ماشین و آبکاری فلزات، فاضلاب کارخانجات سرامیک سازی، کارخانجات P.V.C، پلاستیک سازی و باطری ها، ترکیبات قارچ کش، روغن موتور و عکاسی وارد آب های سطحی می شود.

فلزات موثر است. کاهش مقادیر فلزات سنگین در آب تالاب، ته نشینی این فلزات در رسوب تالاب و کف زی نبودن ماهی سفید سبب شد که مقادیر فلزات سنگین سرب و کادمیوم در این ماهی در محدوده مجاز تعیین شده توسط استانداردهای جهانی باشد. مقادیر فلزات سرب و کادمیوم در ماهی سفید تالاب غرب و شرق در محدوده مجاز استانداردهای جهانی بود. سرب در ماهی سفید تالاب مرکزی افزایش معنی دار در مقایسه با استاندارد خوار و بار جهانی نداشت ($P \geq 0/05$). همینطور کادمیوم در ماهی سفید این ناحیه از تالاب در محدوده مجاز استانداردهای جهانی بود.

کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی از جمله کودهای فسفاته نیز حاوی کادمیوم هستند که می توانند از طریق زهاب های کشاورزی به داخل تالاب راه یابند (Barak & Mason, 1995; Kumar & Mukherjee, 2011)

همانطور که نتایج نشان داد میزان جذب فلزات در ماهی سفید نواحی مختلف تالاب تغییراتی را نشان می دهد که تحت تاثیر تغییرات شوری آب در نواحی مختلف، دما، وجود همزمان چند فلز در کنار هم، وزن، اندازه و جنسیت ماهی می باشد. تغییرات شوری که به دلیل خیزش سطح آب دریای خزر در تالاب انزلی ایجاد می شود قادر است تا حدودی در متابولیسم آبزیان، ته نشین نمودن فلزات سنگین و بالطبع کاهش فلزات در آب موثر باشد. میزان قلیائیت آب تالاب نیز در محلول نمودن یا ته نشین نمودن

منابع

تالاب بین المللی انزلی. سومین کنگره عناصر کمیاب ایران، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، ایران.

پناهنده، م.، منصوری، ن.، خراسانی، ن.، کرباسی، ع. و ریاضی، ب. ۱۳۹۲. تخمین مواجهه و خطر بالقوه ناشی از مصرف اردک ماهی (*Esox lucius*)، شاه کولی (*Chaleaiburnus chaleoide*) و کپور محلی (*Cyprinus carpio*) حاوی سه فلز سرب، کادمیوم و کروم در بومیان حاشیه تالاب انزلی. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، ۵(۱۶): ۹۰-۸۳.

شریعتی. ف. و شریعتی، ش. ۱۳۹۲. فلزات سنگین و متالوتیونین در ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) دریای خزر. شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران. ایران.

ابراهیمی، ز. و ساکی زاده، م. ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت عضله اردک ماهی تالاب بین المللی انزلی، انباشتگی وارزیایی خطرات. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۸۷: ۶۳-۶۷.

الصاق، ا. ۱۳۸۹. تعیین برخی فلزات سنگین در عضلات ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) جنوب مرکزی دریای خزر. نشریه دامپزشکی (پژوهش و سازندگی)، ۲۳(۴): ۳۳-۴۴.

بابائی، ه. و خداپرست، ح. ۱۳۹۰. بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در رسوبات سطحی و اندامهای مختلف ماهی کپور

Environmental Sciences, 30: 320-325.
doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.057.

Baldwin, D. R. & W. J. Marshall. 1999. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. *Annals of Clinical Biochemistry*, 36: 267-300.

Barak, N. A. E. & Mason, C. E. 1995. Mercury, cadmium and lead concentration in five species of freshwater fish from eastern England. *Science of the Total Environment*, 92: 257-64.

Authman, M.M.N, Zaki, M.S, Khallaf, E.A. & Abbas, H.H. 2015. Use of Fish as Bio-indicator of the Effects of Heavy Metals Pollution. *Journal of Aquatic Research Development*, 6: 328. doi:10.4172/2155-9546.1000328.

Baharom, S. Z. & fIshak, M. Y. 2015. Determination of Heavy Metal Accumulation in Fish Species in Galas River, Kelantan and Beranang Mining Pool, Selangor. *Procedia*

- Moopam. 1999. Manual of oceanographic observation and pollution analysis methods. ROPME, Kuwait.
- Murphy, B. R., Atchisons, G. J. & MCintosh, A.W. 1978. Cadmium and zinc content of fish from an industrially contaminated lake. *Journal of fish Biology*, 13: 327-335.
- Nwani. C. & Nwachi, A. 2010. Heavy metals in fish species from lotic freshwater ecosystem at Afikpo, Nigeria. *Journal of Environmental Biology*, 31(5):595-601.
- Oyakhilome, G. I., Aiyesanmi, A. F., Adefemi, S. O. & Asaolu, S. S. 2013. Heavy Metals Concentration in Sediment and Fish Samples from Owena Multi-Purpose Dam, Ondo State, Southern Nigeria. *British Journal of Applied Science & Technology*, 3(1): 65-76.
- Safiur Rahman, M., Hossain, M., Narottam, S. & Atiqur, R. 2012. Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. *Food Chemistry*, 134: 1847–1854.
- Varol, M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 195: 355-364.
- Elnabris, K. J., Muzyed, S. K. & El-Ashgar, N. M. 2013. Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 13(1): 44-51.
- Gerhardi, A. 1990. Effects of heavy metals especially cd a Freshwater invertebrates with special emphasis on acid conditions. Dept. of Ecotoxicology, Lund University. Sweden.
- Houtman, J.P.W. & Vander Hammer, C.J.A. 1975. Physiological and biochemical aspects of heavy elements in our environment, proceedings of symposium, Delft University press. New York.
- Islam, S., Ahmed K., Raknuzzaman M., Al-Mamun H. & KamrulIslam, M. 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological Indicators*, 48: 282-291. doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.016.
- Javed, M. 2010. Accumulation of heavy metals in fishes: A human health concern. *International Journal of Environmental Science*, 2(2): 121 – 134.
- Kumar, B. & Mukherjee, P. 2011. Bioaccumulation of heavy metals in muscle tissue of fishes from selected aquaculture ponds in east Kolkata wetlands. *Annals of Biological Research*, 2 (5):125-134.

Accumulation of Cadmium and Lead in Edible Tissues of (*Rutilus frisii kutum*) in the Anzali Wetland

Khanipour¹, A.A., Seifzadeh^{2*}, M., Ahmadi³, M. & Zare Gashti⁴, Gh.

1. Iranian Fisheries Science Research Institute

2, 3 &4. National Center of Aquatic Processing Research

Abstract

This study intends to evaluate the accumulation of heavy metals such as lead and cadmium in the edible tissue of whitefish in Anzali Lagoon and compare with international standards of FDA and FAO. Whitefish were caught from the west, central and east regions of Anzali Lagoon. Sampling was conducted in the fall season. Levels of heavy metals were measured using flame atomic absorption spectrometry. The average concentration of cadmium in whitefish from center of wetlands was 0.05 µg/g, in western and eastern parts of wetland was 0.03 µg/g dry weight, respectively. There was no significant difference ($P > 0.05$) in the levels of cadmium in different parts of the lagoon. The average concentration of lead in whitefish in the western parts of wetlands was 0.33 µg/g, in central and eastern parts 0.53 and 0.41 µg/g dry weight, respectively. No significant difference ($P > 0.05$) was noticed in the lead levels in different parts of the lagoon. Pb in central region of wetland showed no significant increase compared with international standards. Cd concentration in all parts of the lagoon was within the range of international standards.

Keywords: Lead, cadmium, whitefish, Anzali wetland, edible tissue

*Corresponding author: m_seifzadeh-ld@yahoo.com