تعیین فلزات سنگین آرسنیک، سلنیم، وانادیم، مولیبدن، جیوه، نیکل، کادمیوم، سرب و آهن در بافت عضله اردک ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی

لیدا سلیمی*[1]، علی مهدی نیا[2] و پریسا حسنی شفیق[3]

۱- گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- گروه علوم زیستی دریا، پژوهشکده علوم دریایی، موسسه ملی اقیانوس شناسی ایران

۳- گروه شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۱۱

چکیده

تالاب انزلی جز تالاب‌های حفاظت شده بین المللی و از جمله تالاب‌های ارزشمند جنوب غربی دریای خزر است که به دلیل شرایط خاص اکولوژیک، اقتصادی، اجتماعی و تنوع گونه‌های مختلف گیاهان و جانوران آبزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به ورود پساب‌ها و آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین به این تالاب و وجود گونه‌های خوراکی در این منطقه، در این تحقیق میزان برخی فلزات سنگین (As، Se، Mo، V، Hg، Ni، Cd، Pb، Fe) عضله اردک ماهی *Esox lucius* تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه برداری از سه ایستگاه آبکنار، سیاه درویشان و کومه آقاجانی در اوایل شهریور ماه (فصل خشک) و دومین مرحله نمونه برداری در آبان ماه (فصل بارندگی) سال ۱۳۸۹ صورت پذیرفت. در هر فصل ۹ نمونه ماهی صید شده و به آزمایشگاه انتقال داده شد. به منظور هضم و سنجش فلزات سنگین از فریز درایر استفاده شده و سپس توسط دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی میزان فلزات سنگین اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار غلظت جیوه، نیکل، سلنیم، روی، آلومینیم و آهن در فصل تابستان و مس در فصل زمستان مشاهده شد. بیشترین مقدار جیوه، نیکل، روی و آلومینیوم در ایستگاه آبکنار، بیشترین مقدار سلنیم در ایستگاه سیاه درویشان، بیشترین مقدار مس و آهن در ایستگاه کومه آقاجانی مشاهده شد ولی مقادیر فلزات مولیبدن، کادمیوم، وانادیوم و سرب در هر سه ایستگاه تفاوتی نداشت. آزمون همبستگی پیرسون، همبستگی مثبت قوی معنی‌داری را میان دما و میزان فلز آهن نشان داد ($r=۰/۸۳$,$P<۰/۰۵$) تنها اختلاف معنادار در فلز آهن در فصل تابستان و زمستان مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). و در مقدار سایر غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P\geq ۰/۰۵$). در این مطالعه میزان کادمیوم و نیکل در نمونه عضله ماهیان مورد مطالعه بالا بوده و می‌بایست آن را به عنوان یک هشدار جدی در نظر گرفت.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، اردک ماهی Esox *lucius*، تالاب انزلی، دریای مازندران

* نگارنده پاسخگو: l_salimi@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه صنایع مختلف و گسترش مناطق کشاورزی باعث ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف به محیط‌های آبی گردیده است. از میان مواد آلاینده وارد شده به اکوسیستم‌های آبی، فلزات سنگین به علت اثرات سمی و ظرفیت بالای انباشت زیستی در بسیاری از گونه‌های آبزی قابل توجه هستند. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به انواع آلاینده‌ها می‌تواند از طریق بررسی آب، رسوب و موجودات آبزی مورد سنجش قرار گیرد. تجمع فلزات سنگین در هر یک از این اجزا می‌تواند منجر به تغییرات اکولوژی جدی شود (Altindag & Yigiti, 2005). تالاب انزلی جز تالاب‌های حفاظت شده بین المللی و از جمله تالاب‌های ارزشمند در جنوب غربی دریای خزر است این تالاب به دلیل شرایط خاص اکولوژیک، اقتصادی، اجتماعی و تنوع گونه‌های گیاهان و جانوران آبزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وجود فعالیت‌های مختلف شهری، صنعتی و کشتیرانی، بهره برداری از منابع نفت دریای خزر، رواج صنعت گردشگری و کشاورزی در حاشیه و رودخانه‌های منتهی به تالاب و همچنین عدم وجود سیستم تصفیه فاضلاب باعث گردیده تا میزان زیادی از آلاینده‌های مختلف از جمله عناصر سنگین وارد این اکوسیستم آبی شده و حیات آن را با خطر روبه رو سازد (Amini Sharifi, 2006; Ranjbar, 1998; Riyahi *et. al*., 2005).

فاضلاب‌های روستایی و همچنین فاضلاب‌های شهر رشت به طور مستقیم به وسیله شبکه فاضلاب به رودخانه زرجوب و گوهر رود در بندر انزلی و در نهایت به تالاب انزلی هدایت می‌شوند. فاضلاب‌های غازیان، انزلی و کارخانه پارس خزر از نمونه‌های دیگر عوامل آلوده کننده این زیستگاه محسوب می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶). این تالاب زیستگاه موجودات در حال انقراض زیادی است و نقش موثری در جلوگیری از وقوع سیل دارد و مانند نوعی تله رسوبی (Kazanci *et al*., 2004) عمل می‌کند. بنابراین، نقش موثری در کنترل آلودگی رودخانه‌های منطقه به عهده دارد. یکی از انواع این آلودگی‌ها، فلزات سنگین است که آثار نامطلوبی بر شرایط زیست محیطی این اکوسیستم آبی دارد. ماهی‌ها و پرندگان به علت قرار گرفتن در سطح بالای زنجیره غذایی و مصرف خوراکی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برای پایش آلودگی‌های محیطی برخوردارند. بسیاری از ماهیان تالاب انزلی به مصرف خوراکی می‌رسند لذا ورود مقادیر زیادی از آلاینده‌ها به این تالاب از طریق زنجیره غذایی می‌تواند برای انسان از نظر بهداشتی خطر آفرین باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶).

اردک ماهی یکی از ماهیان بومی تالاب انزلی است که به علت گوشت مطبوع آن از دیر باز مورد توجه مردم محلی بوده است. اردک ماهی از گونه‌های شکارچی بسیار قوی است، این گونه از طیف بسیار وسیعی از طعمه‌ها استفاده می‌کند. بنابراین در مقایسه با ماهیان دیگر که از موجودات کف زی تغذیه می‌کند همچون ماهی سیم از ظرفیت بیشتری در انباشت آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین برخوردار است (Imanpour *et al*., 2011). تاکنون چند مطالعه روی اندازه‌گیری فلزات سنگین انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه Sadeghirad در سال ۱۹۹۷ و Imanpour و همکاران در ۲۰۱۱ بر روی سرب، کادمیوم و روی در چند گونه خوراکی تالاب انزلی اشاره کرد. غلظت فلزات در این دو تحقیق کمتر از میزان استاندارهای موجود ارزیابی شد. همچنین ابراهیمی سیریزی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی غلظت کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت عضله اردک ماهی (*Esox lucius*) تالاب بین المللی انزلی، انباشتگی و ارزیابی خطرات پرداختند، نتایج این مطالعه میزان غلظت فلزات Cu، Zn و Pb را زیر حد استانداردهای تعیین شده توسط سازمان‌های FAO، EPA و WHO نشان داد. اما غلظت Cd بالاتر از استانداردهای EPA و WHO ارزیابی شد. از این رو با توجه به آلودگی‌های کنونی این تالاب و ارزش خوراکی

اردک ماهی در این منطقه، در این تحقیق سعی شده است تا برخی فلزات سنگین دیگر در این ماهی مورد سنجش قرار گیرد و در نهایت مقادیر اندازه‌گیری شده در عضله این ماهی (قسمت قابل مصرف مردم) با استانداردهای موجود برای این گونه ماهی مقایسه گردد. در این پژوهش، چندین فلز سنگین همزمان مورد بررسی قرار می‌گیرد تا تأثیرات فلزات بر یکدیگر مشخص گردد و همچنین روند افزایش احتمالی فلزات سنگین مورد بررسی در تحقیقات قبلی مشخص شده است.

مواد و روش‌ها

تالاب انزلی با مساحت بیش از ۲۱۸ کیلو متر مربع و حوزه آب ریز ۳۷۴ هزار هکتار در جنوب غربی دریای خزر در استان گیلان واقع شده است. در این تحقیق از سه منطقه اطراف این تالاب به نام‌های آبکنار، سیاه درویشان و کومه آقاجانی نمونه برداری شد، تا اثرات آلودگی فلزات سنگین (با توجه به ورود پساب‌های صنعتی به تالاب) بر ماهیان موجود در این منطقه مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد شکل (۱). با توجه به اینکه تغییرات فصلی شدید در انزلی در طول سال مشاهده نمی‌شود، بنابراین تنها دو مرحله نمونه برداری در دو فصل خشک و بارندگی انجام شده است (Ross, & Oros 2005). نمونه برداری از سه ایستگاه مختلف در اوایل شهریور ماه (فصل خشک) و دومین مرحله نمونه برداری در آبان ماه (فصل بارندگی) سال ۱۳۸۹ صورت پذیرفت. در جدول (۱) موقعیت مکان‌های نمونه برداری مشخص شده است.

شکل ۱- ایستگاه‌های آب کنار (ماهروزه)، کومه آقاجانی، سیاه درویشان تالاب انزلی- سال ۱۳۸۹

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری در تالاب انزلی

موقعیت مکانی	موقعیت (شرقی)	موقعیت (شمالی)
آبکنار	۴۹° ۲۴´ ۳۷ "	۳۷° ۲۶´ ۷۹ "
کومه آقاجانی	۴۱° ۵۲´ ۱۵ "	۳۴° ۸۲´ ۷۶ "
سیاه درویشان	۴۹° ۲۴´ ۲۶ "	۳۷° ۲۴´ ۳۸ "

انتخاب ایستگاه‌ها با توجه به حضور اردک ماهی در محل‌های مزبور بود. در هر فصل و در هر ایستگاه، ابتدا برخی متغیرهای محیطی (اکسیژن، pH و دمای آب) اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، سلنیم، مولیبدن، وانادیوم، جیوه، نیکل، کادمیوم، سرب و آهن) در بافت عضله اردک ماهی این تالاب، در هر فصل و در هر ایستگاه، ۳ عدد ماهی با تور صید شد. نمونه‌ها به صورت کاملاً تصادفی برداشته شده و در شرایط استاندارد در ظروفی که با اسید رقیق شستشو داده شده بودند و همراه با یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نمونه‌ها تا انجام آزمایش‌های لازم در سردخانه و در دمای ۲۰ – درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری فلزات سنگین تمامی وسایل مورد استفاده قبل از استفاده به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک ۵ درصد قرار داده شد و در آخر با آب دو بار تقطیر شسته شدند (EPA method 3051A).

هضم نمونه‌ها

به منظور هضم و سنجش فلزات سنگین، نمونه‌ها از فریزر خارج شد تا در دمای محیط یخ آن باز شود. پس از آن بافت عضله نمونه ماهی از دیگر بافت‌های ماهی جدا شده و پس از آسیاب و همگن کردن، ۱۰۰ گرم از نمونه تحت فرایند خشکاندن انجمادی (Freez dryer) در دمای ۴۰°C- به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. نتایج بر اساس وزن خشک ثبت گردیدند. غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌ها توسط هضم اسیدی در این بررسی اندازه‌گیری شد. نمونه‌های هضم شده در ظروف پلی اتیلنی دربدار ریخته شده و تا زمان سنجش فلزات در محیط سرد یخچال (جهت جلوگیری از هر گونه کاهش حجم) قرار داده شدند (EPA method 3051A). نمونه‌های هضم شده به دستگاه جذب اتمی- کوره گرافیتی تزریق و غلظت فلزات اندازه‌گیری شد. آنالیز عناصر بر اساس دستورالعمل جذب اتمی با انتخاب برنامه الکتروگرمایی مناسب برای هر عنصر و لامپ مربوط به آن با تزریق µL ۱۰ از نمونه در HNO3 (٪ ۰/۱) انجام شد. اصلاح کننده بافت نمونه نیز بر اساس موردی استفاده گردید. برای عنصر جیوه، روش هضم نمونه مانند سایر فلزات بوده با این تفاوت که در این روش جیوه معدنی با قلع کلرید به جیوه عنصری تبدیل شد. بخار سرد جیوه سپس از سل جذبی کوارتز عبور داده شد تا جذب جیوه توسط دستگاه خوانده شود. رسم منحنی کالیبراسیون و دیگر شرایط نیز مانند دیگر عناصر بود (EPA method 3051A).

آنالیز آماری

تمامی آنالیزهای آماری این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام گرفت. به منظور بررسی ارتباط معنی‌دار بین غلظت فلزات و شرایط محیطی دما، pH و اکسیژن محلول آب، آزمون همبستگی پیرسون و آزمون اسپیرمن مورد استفاده قرار گرفت. از آزمون T-test به منظور مقایسه غلظت فلزات بین دو فصل (زمستان و تابستان) استفاده گردید. همچنین برای بررسی مقایسه غلظت فلزات در بین ایستگاه‌های مختلف از آزمون One Way ANOVA استفاده گردید.

نتایج

نتایج متغیرهای محیطی آب مربوط به ایستگاه‌های نمونه برداری شده در فصل تابستان و زمستان در جدول (۲) آورده شده است. در فصل زمستان مقدار اکسیژن محلول بیشتری (با میانگین ۷/۵۳ میلی گرم بر لیتر) در آب منطقه مورد تحقیق نسبت به فصل تابستان (با میانگین ۵/۲۵ میلی گرم بر لیتر) تعیین شد.

نتایج به دست آمده از بررسی تعیین میزان فلزات سنگین ۱۸ نمونه عضله اردک ماهی صید شده از تالاب انزلی در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۲- متغیرهای محیطی در ۳ ایستگاه (آبکنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی در فصل زمستان و تابستان سال ۱۳۸۹

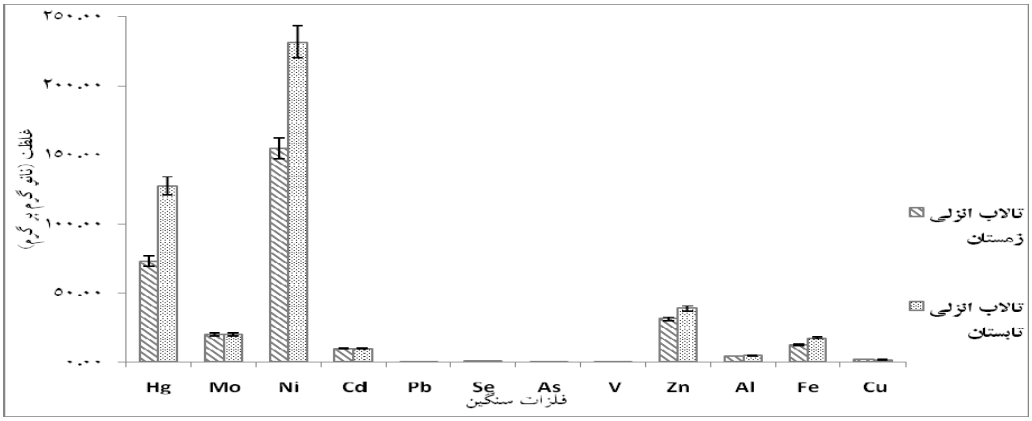
فصل	ایستگاه	دمای آب (درجه سانتی گراد)	اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر)	pH
زمستان	آبکنار	۱۴/۲	۸/۲	۸/۲۱
	کومه آقاجانی	۱۴/۳	۸/۴	۸/۲۳
	سیاه درویشان	۱۵/۴	۶/۰	۷/۵۵
تابستان	آبکنار	۳۳	۴/۸	۸/۲۵
	کومه آقاجانی	۳۱	۶/۳	۸/۵۷
	سیاه درویشان	۲۴/۴	۴/۶	۷/۶۵

جدول ۳- میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ۱۸ نمونه اردک ماهی بر حسب نانوگرم بر گرم وزن خشک نمونه در ایستگاه‌های (آبکنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی سال ۱۳۸۹

نام عناصر	حداقل مقدار فلز	حداکثر مقدار فلز	میانگین غلظت	انحراف معیار
جیوه	۵۰/۰۰	۱۹۷/۰۰	۱۰۰/۳۸	۵۲/۱۳
مولیبدن	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	۰/۰۰
نیکل	۸۳/۰۰	۲۶۳/۰۰	۱۹۳/۰۰	۶۲/۹۸
کادمیوم	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۰/۰۰
سرب	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۰
سلنیم	۰/۶۰	۱/۷۰	۱/۱۰	۰/۳۰
آرسنیک	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۰
وانادیوم	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۰
روی	۲۱/۰۰	۵۲/۰۰	۳۴/۹۷	۸/۰۰
آلومینیم	۱/۱۰	۷/۱۰	۴/۸۰	۲/۲۰
آهن	۶/۰۰	۲۳/۰۰	۱۵/۱۰	۴/۰۰
مس	۱/۳۰	۳/۷۰	۲/۰۳	۰/۶۳

میانگین غلظت فلزات در دو فصل (زمستان و تابستان) در منطقه مورد مطالعه در جدول (۴) و شکل (۲) آورده شده است. بیشترین مقدار میانگین غلظت فلزات جیوه، نیکل، سلنیم، روی، آلومینیم و آهن در فصل تابستان و مس در فصل زمستان به دست آمد.

میانگین غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف در دو فصل زمستان و تابستان در جدول (۵) آورده شده است.



شکل ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اردک ماهی بر حسب نانوگرم بر گرم وزن خشک نمونه در فصل (زمستان و تابستان) در ایستگاه‌های (آبکنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی سال ۱۳۸۹
(آنتنک‌ها در شکل نشان دهنده انحراف معیار هستند)

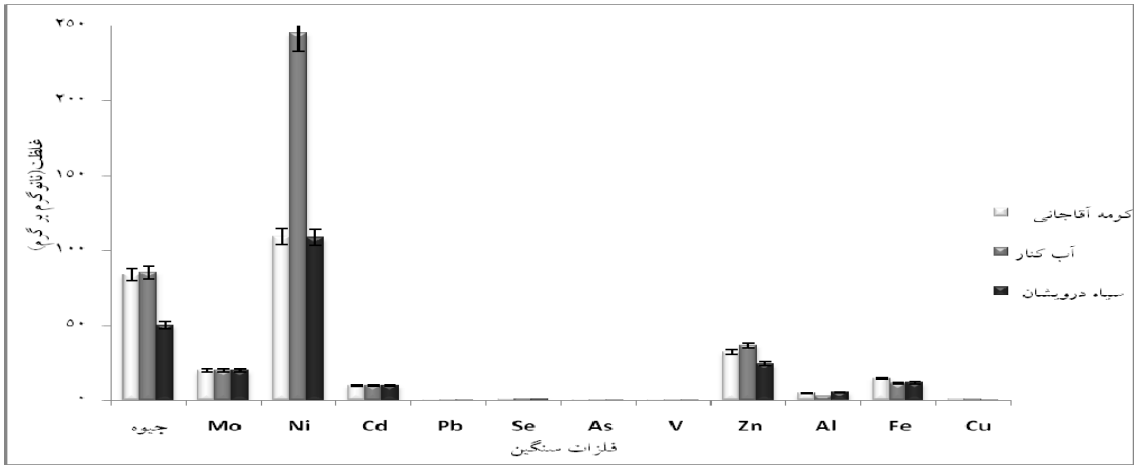
جدول ۴- میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اردک ماهی بر حسب نانوگرم بر گرم وزن خشک نمونه در فصل (زمستان و تابستان) در ایستگاه‌های (آبکنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی سال ۱۳۸۹

نام نمونه	Cu	Fe	Al	Zn	V	As	Se	Pb	Cd	Ni	Mo	Hg
زمستان	۲/۱۴	۱۲/۶۵	۴/۴۵	۳۱/۱۸	۰/۱۰	۰/۱۰	۱/۰۲	۰/۱۰	۱۰/۰۰	۱۵۴/۶۳	۲۰/۰۰	۷۳/۱۱
تابستان	۱/۹۶	۱۷/۴۸	۴/۸۸	۳۸/۷۶	۰/۱۰	۰/۱۰	۱/۱۲	۰/۱۰	۱۰/۰۰	۲۳۱/۴۲	۲۰/۰۰	۱۲۷/۶۷

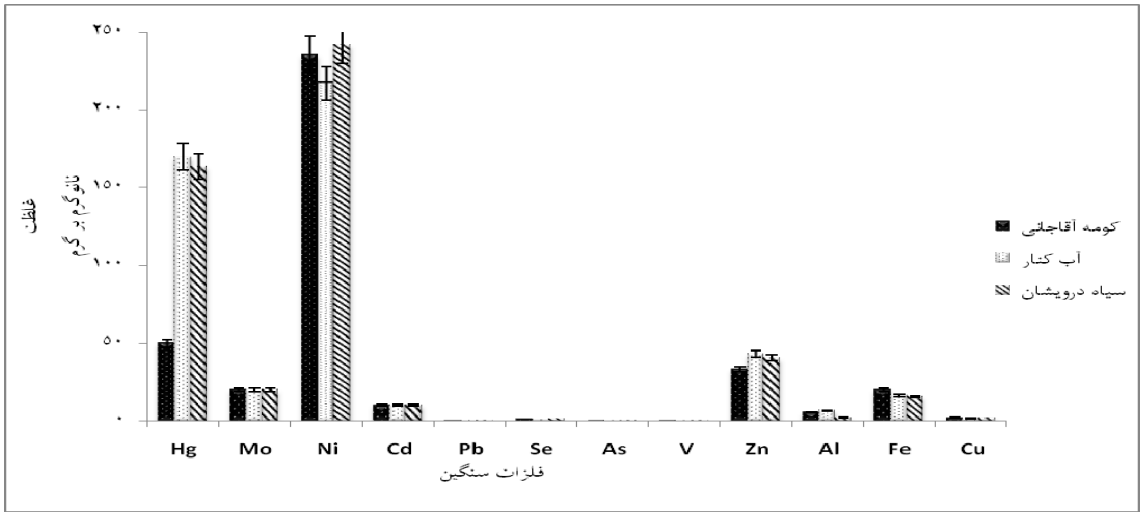
جدول ۵- میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اردک ماهی بر حسب نانوگرم بر گرم وزن خشک نمونه در فصل (زمستان و تابستان) در ایستگاه‌های (آبکنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی سال ۱۳۸۹

فصل	نام ایستگاه	Cu	Fe	Al	Zn	V	As	Se	Pb	Cd	Ni	Mo	Hg
زمستان	کومه آقاجانی	۲/۷۴	۱۴/۶۹	۴/۹۶	۳۲/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۷۴	۰/۱	۱۰	۱۰۹/۵۷	۲۰	۸۴/۰۰
	آب کنار	۲/۱۸	۱۱/۵۲	۲/۹۵	۳۶/۶	۰/۱	۰/۱	۱/۱۶	۰/۱	۱۰	۲۴۵/۳۰	۲۰	۸۵/۳۳
	سیاه درویشان	۱/۵۰	۱۱/۷۴	۵/۴۴	۲۴/۵	۰/۱	۰/۱	۱/۱۷	۰/۱	۱۰	۱۰۹/۰۳	۲۰	۵۰/۰۰
تابستان	کومه آقاجانی	۲/۱۸	۲۰/۲۱	۵/۷۱	۳۳/۰	۰/۱	۰/۱	۱/۲۱	۰/۱	۱۰	۲۳۵/۵۷	۲۰	۵۰/۰۰
	آب کنار	۱/۶۴	۱۶/۶۰	۶/۷۱	۴۲/۹	۰/۱	۰/۱	۰/۸۲	۰/۱	۱۰	۲۱۷/۰۰	۲۰	۱۶۹/۶۷
	سیاه درویشان	۲/۰۷	۱۵/۶۳	۲/۲۱	۴۰/۴	۰/۱	۰/۱	۱/۳۳	۰/۱	۱۰	۲۴۱/۷۰	۲۰	۱۶۳/۳۳

طبق جدول (۵) بیشترین مقدار جیوه (۱۶۹/۶۷)، نیکل (۲۴۵/۳۰) و روی (۴۲/۹)، آلومینیوم (۶/۷۱) در ایستگاه آب کنار، بیشترین مقدار سلنیم (۱/۱۷) در ایستگاه سیاه درویشان، بیشترین مقدار مس (۲/۷۴) و آهن (۱۴/۶۹) در ایستگاه کومه آقاجانی و مقادیر مولیبدن (۲۰)، کادمیوم (۱۰)، وانادیوم (۰/۱) و سرب (۰/۱) بر حسب نانوگرم بر گرم در هر سه ایستگاه تفاوتی مشاهده نشد.



شکل ۳- میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اردک ماهی بر حسب نانو گرم بر گرم وزن خشک نمونه در فصل زمستان در ایستگاه‌های (آب کنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی سال ۱۳۸۹
(آنتنک‌ها نشان دهنده انحراف معیار هستند)



شکل ۴- میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت عضله اردک ماهی بر حسب نانو گرم بر گرم وزن خشک نمونه در فصل تابستان در ایستگاه‌های (آب کنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی سال ۱۳۸۹-
(آنتنک‌ها نشان دهنده انحراف معیار هستند)

آزمون همبستگی پیرسون، همبستگی مثبت قوی معنی‌داری را میان دما و میزان فلز آهن نشان داد ($P<۰/۰۵$) با افزایش دما، افزایش میزان تجمع فلز آهن ملاحظه می‌شود ($r = ۰/۸۳$). در میزان فلز آهن در بین دو زمان (دو فصل تابستان و زمستان) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P<۰/۰۵$) همچنین میزان

فلزات مختلف بین ایستگاه‌های متفاوت، تنها در غلظت فلز جیوه بین ایستگاه‌های آب کنار و کومه آقاجانی تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P<۰/۰۵$) و در مقدار سایر غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری به دست نیامد ($P \geq ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی فلزات سنگین آرسنیک، سلنیم، وانادیم، مولیبدن، جیوه، نیکل، کادمیوم، آهن، روی و سرب در بافت عضله اردک ماهی *Esox lucius* تالاب انزلی پرداخته شد. با توجه به نتایج به دست آمده میزان غلظت فلزات جیوه، روی و آهن در بافت عضله در فصول مختلف سال، در فصل زمستان کمترین و در فصل تابستان بیشترین مقدار فلز را نشان داد. تغییرات فصلی باعث تغییر در فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب می‌شود و از طرفی این فاکتورها می‌توانند در جذب عناصر سنگین دخالت داشته باشند (Jezierska & Witeska, 2001). همچنین آزمون پیرسون، همبستگی مثبت قوی معنی‌داری را میان دما و میزان فلز آهن نشان داد، به طوری که با افزایش دما، میزان تجمع فلز آهن در نمونه‌ها مشاهده شد. تحقیقات و بررسی‌های مختلف نشان داده است که تجمع فلزات در یک بافت عمدتاً وابسته به غلظت‌های فلزات در آب و مدت زمانی است که موجود در معرض آنها قرار گیرد، برخی عوامل محیطی دیگر از قبیل شوری، pH، سختی و درجه حرارت نیز نقش مهمی را در تجمع فلزات ایفا می‌کنند (Kalay & Canli, 2000; Heath, 1987). تغییر در دمای محیط باعث تغییر در سوخت و ساز ماهی شده، به طوری که در دمای بالاتر میزان سوخت و ساز بیشتر می‌شود (Cossins, 1993).

ترتیب فراوانی عناصر موجود در نمونه عضله اردک ماهی به صورت:

Ni>Hg>Zn>Mo>Fe>Cd>Cu>Se>pb=v=As

بود. که با نتایج مطالعات Khosravi و همکاران در سال ۲۰۱۱ بر روی تجمع فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی، همچنین با ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی اردک ماهی این تالاب، تقریباً همخوانی دارد.

تجمع فلزات در بافت‌های ماهی در ارتباط مستقیم با مقدار مواد مغذی و مقدار فلز در آب می‌باشد.

Esox lucius گونه‌ای گوشت خوار و از دیگر ماهیان تغذیه می‌کند، بنابراین مقدار فلزات در زنجیره غذایی به‌خوبی در بافت‌های این ماهی می‌تواند تجمع یابد (Cicek *et al*., 2007).

در جدول (۶) مقادیر به دست آمده فلزات مورد بررسی در این تحقیق با مقادیر اندازه‌گیری شده در برخی از تحقیقات دیگر در منطقه و دیگر نقاط جهان مقایسه گردیده است.

جدول ۶ – مقایسه میزان کادمیوم، سرب، مس و روی سنجش شده در بافت عضله اردک ماهی صید شده در تالاب انزلی سال ۱۳۸۹ با نتایج سایر محققان بر حسب نانو گرم بر گرم وزن خشک

منبع	منطقه مطالعه	Cd	Pb	Cu	Zn
Imanpour et al., 2011	Anzali lagoon	۰/۰۰۱	۰/۱۳±۰/۰۱	۰/۲۱±۰/۰۲	۲/۵۵±۰/۱۸
Sadeghirad, 1997	Anzali lagoon	۰/۰۳	۰/۷۳	–	۲۰/۰۸
ابراهیمی سیریزی و همکاران.، ۱۹۹۳	تالاب انزلی	۰/۸۲	۰/۲۲	۵/۶۸	۵۴/۲۶
تحقیق حاضر ۱۳۸۹ (۲۰۱۱)	تالاب انزلی	۱۰	۰/۱	۲/۰۳	۳۴/۹۷

همان طور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود مقدار فلز سرب (۰/۱ نانوگرم برگرم)، مس (۲/۰۳ نانوگرم برگرم) و روی (۳۴/۹۷ نانوگرم برگرم) تقریباً از نتایج دیگر مطالعات کمتر است. ولی مقدار فلز کادمیوم (۱۰ نانوگرم بر گرم) میزان قابل توجهی بیشتر است. رشد و توسعه شهرها و شهرک‌های صنعتی بدون دقت در مکان‌یابی صحیح به عنوان منبع مهم آلودگی آب تالاب به شمار می‌رود. بنابراین برای حفظ تالاب یکی از اقدامات مهم تصفیه و کنترل ورود پساب‌های صنعتی به تالاب می‌باشد.

با مقایسه نتایج تحقیق حاضر و سایر تحقیقات انجام شده در تالاب انزلی مشاهده می‌شود که متاسفانه میزان کادمیوم نسبت به سال‌های قبل و بعد افزایش چشمگیری داشته و به نظر می‌رسد که احتمالاً یک منشأ ناگهانی نظیر ورود پساب با حجم بالا و حاوی کادمیوم در یک برهه زمانی به تالاب تحمیل شده است. مقایسه غلظت فلزات سنگین با استانداردهای جهانی در جدول (۷) مشخص می‌باشد.

جدول ۷- مقایسه میانگین غلظت کادمیوم، سرب و نیکل در بافت عضله اردک ماهی صید شده در تالاب انزلی سال ۱۳۸۹ با معیارهای موجود بر حسب نانوگرم بر گرم وزن خشک نمونه

استانداردها و نمونه‌ها	Cd	pb	Ni	منابع
WHO[1]	۰/۲	–	–	Biney and Ameyibor (1992); Mdany *et al*., 1996
FAO[2]	۰/۳	۲	۵۰	Burger and Gochfeld., 2005; Collings *et al.*, 1996
NHMRC[3]	۰/۰۵	۱/۵	–	Darmono and Denton., 1990
UK MAFF[4]	۰/۲	۲	–	Mormede and Davies., 2001; Maher, 1986
بافت عضله	۱۰	۰/۱	۱۹۳	تحقیق حاضر ۲۰۱۱

1- Word Health Organization
2- Food and Drug Administration
3- Australian National Health and medical research council
4- Ministry of Agriculture, fisheries and food

میانگین سرب در بافت عضله اردک ماهی تالاب انزلی پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای تعیین شده است. لذا سطح این فلز در عضله در غلظتی نیست که خطر بالقوه‌ای را برای مصرف کنندگان داشته و یا باعث آسیب‌های جدی در سیستم‌های بیولوژیکی ماهی شود. ولی متاسفانه میزان کادمیوم و نیکل در نمونه عضله ماهیان مورد مطالعه بالا بوده و می‌بایست آن را به عنوان یک هشدار جدی در نظر گرفت. غلظت نسبتاً بالای کادمیوم در نمونه‌ها را می‌توان به یکی از مهم‌ترین منابع آلوده کننده تالاب یعنی پساب‌های کشاورزی نسبت داد. بر اساس منابع، استفاده گسترده از کودهای فسفاته در امر کشاورزی می‌تواند نقش موثری در افزایش آلودگی فلزات کادمیوم، نیکل و روی در آب، رسوب و نهایتاً آبزیان این تالاب داشته باشد (Rahimi & Raeisi, 2009). لذا استفاده از کودهای فسفاته استاندارد با درصد کادمیوم پایین در امور کشاورزی، عدم استفاده بی رویه از سموم و آفت کش ها، شناسایی منابع آلاینده احتمالی دیگر می‌تواند تا حدی میزان بار آلودگی به این فلزات را کاهش دهد. همچنین پایش دوره‌ای آلاینده‌های مختلف در تالاب و اقدامات مدیریتی مناسب می‌تواند گامی مؤثر در جهت آگاهی یافتن از بهبود وضعیت تالاب باشد. ضمن اینکه جلوگیری از تخلیه پساب به رودخانه‌های منتهی به تالاب و تالاب انزلی و مجهز نمودن صنایع مختلف به سیستم تصفیه فاضلاب از راهکارهای ضروری به منظور کاهش بار آلودگی تالاب انزلی می‌باشد (داد الهی و همکاران، ۱۳۸۷).

در پژوهش حاضر میزان فلزات آرسنیک، سلنیم،

وانادیم، مولیبدن، جیوه، نیکل، کادمیوم، سرب و آهن در بافت عضله اردک ماهی *Esox lucius* تالاب انزلی تعیین گردیده و نتایج حاکی از وجود فلزات در بافت عضله اردک ماهی به شرح زیر بود:

Ni>Hg>Zn>Mo>Fe>Cd>Cu>Se>pb=v=As

میزان فلز آهن به شرایط محیطی وابسته بوده و با افزایش دما در فصل تابستان افزایش یافته است. همچنین در بین فلزات مورد بررسی میزان کادمیوم و نیکل از حد مجاز بالاتر بود. با توجه به خطر فلزهای مذکور بر روی سلامتی انسان و محیط زیست این نتیجه به عنوان زنگ خطری برای سلامت آبزیان تالاب انزلی محسوب می‌شود.

منابع

ابراهیمی سیریزی، ز.، ساکی زاده، م.، اسماعیلی ساری، ع.، بهرامی فر، ن.، قاسم پور، س. م. و عباسی، ک. ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت عضله اردک ماهی (*Esox lucius*) تالاب بین المللی انزلی، انباشتگی و ارزیابی خطرات. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲(۸۷): ۶۳-۵۷.

دادالهی سهراب، ع.، نبوی، م. و خیرور، ن. ۱۳۸۷. ارتباط برخی مشخصات زیست سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت. (*Barbus grypus*) در رودخانه اروند رود. مجله علمی شیلات ایران، ۱۷(۴): ۳۳-۲۷.

کریمی، آ.، یزدان داد، ح. و اسماعیلی، ع. ۱۳۸۶. بررسی تجمع فلزات سنگین کادمیوم، کروه، مس، روی و آهن در برخی اندام‌های باکلان بزرگ در تالاب انزلی. محیط شناسی، ۳۳(۴۳): ۹۲- ۸۳.

Altindag A. & Yigiti, S. 2005. Assessment of heavy metals concentrations in the food web of Lake Beysehir, Turkey. Chemosphere, 60:522-556.

Amini Ranjbar, G. 1998. Heavy metal concentration in surficial sediments from Anzali Wetland, Iran .Water, Air, and Soil Pollution, 104:305-312.

Cicek, A., Arslan, N., Koc, B., Malkoc, S. & Emiroglu, O. 2007. Determination of lead levels in lake water, sediment, meiobenthos (Chironomidae) and three fish species from lake Uluabatc(A Ramsar Site Turkey). Proceedings of Taal 2007: The 12th work Lake Conference: 257-263.

Cossins, A. R. 1993. The adaptation of membrane structure and function to change in temperature. Cambridge University Press. England.

EPA method 3051A**,** Revision 1. 2007. Microwave assisted acid digestion of sediments, sledges, soils and oils.EPA. USA.

Health A. G. 1987. Water pollution and fish physiology. CRC Press, Florida USA.

Jezierska, B. & Witeska, M. 2001. Metal toxicity to fish. University of Podlasia, Poland.

Imanpour Namin, J., Mohammadi, M., Heydari, S. & Monsef Rad, F. 2011. Heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in tissue, liver of *Esox Lucius* and sediment from the Anzali international Lagoon- Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 91:1-8.

Kalay, M. & Canli, M. 2000. Elimination of essential (Ca, Zn) and non essential (Cd, pb) metals from tissues of a fresh water fish Tilapia following an uptake protocol. Turkish Journal of Zoology, 24: 426-436.

Kazancıa, N., Gulbabazadeh, T., Leroyd, S. & Ilerie, O. 2004. Sedimentary and environmental characteristics of the Gilan-Mazenderan plain ,northern Iran: influence of long- and short-term Caspian water level fluctuations on geomorphology. Journal of Marine Systems, 46:145-168.

Khosravi, M., Bahramifar, N. & Ghasempouri, M. 2011 .Survey of heavy metals (Cd, Pb, Hg, Zn and Cu) contamination in sediment of three sites in Anzali Wetland. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering, 4(2): 223-232.

Rahimi, E.& Raeisi, M. 2009. Determination of lead and cadmium residual in meat of fishes caught from Choghakhor Lagoon in Chaharmahal and Bakhtiary Province. Iranian Journal of Veterinary Research, 4(4):79-83.

Oros, D.R. & Ross, J. R. M. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in bivalves from the Sanfrancisco Estuary: spatial distributions temporal trends and sources (1993-2001). Marine Environmental Research, 60: 466-488.

Riyahi, A.R., Fazeli, M.S. & Paydar, M. 2005.

Determination of heavy metals content in *Astacus leptodoctylus* caspicus of Anzali wetland. In proceeding of the 9 International Conferences on Environ. Sci. Technol, 1-3 September, Rhodes Island, Greece.

Sadeghirad, M. 1997. Heavy metal determination in fish species of Anzali lagoon. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 5(4): 1-16.

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.