فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۵، زمستان ۹۹

سنجش میزان آلودگی فلز جیوه در بافت عضله ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) و اردک ماهی (Esox lucicus) تالاب انزلی و همبستگی آن با وزن، سن و رژیم غذایی

معصومه خسروی [۱*]

نادر بهرامی فر [۲]

احسان عطاران [۳]

m_khosravi2177@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۲۵ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۸**

چکیده

فلزات سنگین و شبه فلزات از جمله عناصر پایدار و مقاوم به تجزیه_ای هستند که در صورت وجود غلظت‌های بالا در بافت آبزیان، سلامت آنها و انسان‌ها را تهدید می‌کنند. این تحقیق در سال ۱۳۹۶با هدف سنجش میزان آلودگی فلز جیوه دربافت خوراکی ماهی‌های کپور و اردک تالاب انزلی، مقایسه آن با حد مجاز استانداردهای جهانی و همچنین بررسی همبستگی میان عوامل سن، وزن و رژیم غذایی با میزان آلودگی این عنصر سمی انجام شده است. نمونه‌های ماهی از سه بخش شرق، مرکز و غرب تالاب انزلی جمع‌آوری شدند. اندازه-گیری جیوه با دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه (مدل Leco AMA 254) با دقت بسیار مطابق روش استاندارد سازمانEPA D-۶۷۲۲ انجام شد. میانگین کل غلظت این فلز در بافت عضله ماهیان کپور و اردک به ترتیب ۰/۵۳۹۸ و ۰/۷۶۶۲ میکروگرم برگرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. همبستگی مثبت خطی معنی‌داری ($p<۰/۰۰۱$) میان تجمع جیوه با عوامل سن و وزن دو گونه مورد بررسی مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری میان غلظت جیوه در بافت عضله دو گونه مذکور وجود داشت، به طور کلی میزان جیوه در بافت عضله ماهیان صیاد به طور معناداری نسبت به ماهیان غیرصیاد بیشتر بود. بیشترین غلظت جیوه در نمونه‌های بخش شرقی مشاهده شد. مقایسه بین میزان غلظت جیوه در دو ماهی با حد آستانه مجاز استاندارد سازمان غذا و دارو آمریکا برای جیوه (۱ میکرو گرم بر گرم) نشان می‌دهد که نتایج از حد آستانه کمتر می‌باشد، در حالیکه از حد آستانه مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی(FAO) بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، جیوه ،ماهی، تالاب انزلی.

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست آلودگی‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران * (مسئول مکاتبات).

۲- گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس،تهران، ایران.

۳-مهندس صنایع و کارشناس تحلیل آماری، شرکت طراحی مهندسی، تهران، ایران.

Human and Environment, No. 55, Winter 2020

Measurement of Mercury Metal Contamination in Muscle Tissue of Carp (Cyprinus Carpio) and Duck (Esox Lucicus) Anzali Wetland and Its Correlation with Weight, Age and Diet

Masoumeh Khosravi [1]
m_khosravi2177@yahoo.com
Nader Bahramifar [2]
Ehsan Attaran [3]

Abstract

Heavy metals and quasi-metals are among the stable and decomposing elements that threaten their health and human health if there are high concentrations in aquatic tissues. This study was conducted in 2017 with the aim of measuring the level of mercury metal contamination in the oral tissue of carp and duck fish in Anzali wetland, comparing it with the allowable limit of international standards and also examining the correlation between age, weight and diet with the level of contamination of this toxic element. Fish samples were collected from three parts of east, center and west of Anzali wetland. Mercury was measured with an advanced mercury analyzer (Leco AMA 254) according to the EPA6722D-standard method. The mean total concentrations of this metal in carp and duck muscle tissue were measured to be 0.598 and 0.5762 µg / kg dry weight, respectively. A significant linear positive correlation ($p < 0.001$) was observed between mercury accumulation and age and weight of the two species. There was a significant difference between the concentrations of mercury in the muscle tissue of the two species. In general, the amount of mercury in the muscle tissue of fishermen was significantly higher than non-fisherman. The highest concentration of mercury was observed in the samples of the eastern part. A comparison between the concentration of mercury in the two fish and the US Food and Drug Administration's standard threshold for mercury (1 µg / g) shows that the results are below the threshold, while the threshold set by The World Health Organization and the Food and Agriculture Organization (FAO) are more.

Keywords: Pollution, Mercury, Fish, Anzali Wetland

1- M.Sc., Environmental Engineering, Pollution, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran * (Correspondence Author)
2- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3- Industrial Engineer and Statistical Analysis Expert, Engineering Design Company, Tehran, Iran

مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه صنایع مختلف و گسترش مناطق کشاورزی باعث ورود حجم بالای آلاینده‌های مختلف به محیط-های 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 (۱). جیوه از عناصری است که در طبیعت خاصیت تجمع زیستی داشته و به عنوان یک آلاینده زیست محیطی خطرناک حساسیت مجامع و سازمان‌های بین‌المللی گوناگون را برانگیخته است. آلودگی جیوه، علاوه بر پیامدهای اقتصادی، به واسطه خصوصیاتی از قبیل سمیت، پایداری و بزرگنمایی زیستی سبب تهدید سلامت موجودات و به خصوص موجودات بالایی زنجیره غذایی و همچنین انسان‌ها شده است(۲). جیوه دارای دو منبع طبیعی و انسانی است، جیوه به طور طبیعی از طریق سنگ و خاک، فعالیّت‌های آتش‌فشانی، واقیانوس‌ها وارد محیط زیست می‌شود. منابع انسانی این فلز شامل احتراق سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی، فعالیّت-های معدنکاری و غیره است(۳). نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده بر روی ماهیان و رابطه آن با سلامت جسمانی و روانی انسان‌ها و به علاوه توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی و ترغیب انسان‌ها به مصرف ماهی جهت پیشگیری از وقوع برخی بیماری‌ها، بر ارزش و اهمیت ماهی و لزوم قرارگیری آن در وعده‌های غذایی مردم افزوده است .از طرفی، مصرف مداوم ماهی‌های آلوده به جیوه، آثار نامطلوبی برسلامت داشته و ممکن است حیات فرد را به مخاطره اندازد(۴). بیماری می نی ماتا در ژاپن اولین گزارش آلودگی با ترکیب متیل جیوه است. بیماری می نی ماتا در میان مصرف کنندگان ماهی‌ها ی سنگین، به ویژه خود خانواده‌های ماهیگیران، بروز یافته بود. ۲۲ کودک همراه با ضایعات مغزی از مادرانی متولد شدند که از پروتئین ماهی آلوده به متیل جیوه تغذیه کرده بودند. پدیده مزبور نشانگر تاثیر متیل جیوه بر جفت و آسیب وارده به جنین از آن طریق است. در بیشتر مادران مذکور نشانه‌ای از بیماری به چشم نمی‌خورد و به همین علت ممکن بود محل اصلی تجمع متیل جیوه، در جنین باشد(۵). به دنبال انتقال آلاینده-های ذکر شده به محیط‌های دریایی این احتمال وجود دارد که ماهی مقادیری از این فلز را از طریق زنجیره غذایی و یا از طریق آب از محیط جذب کند(۶).

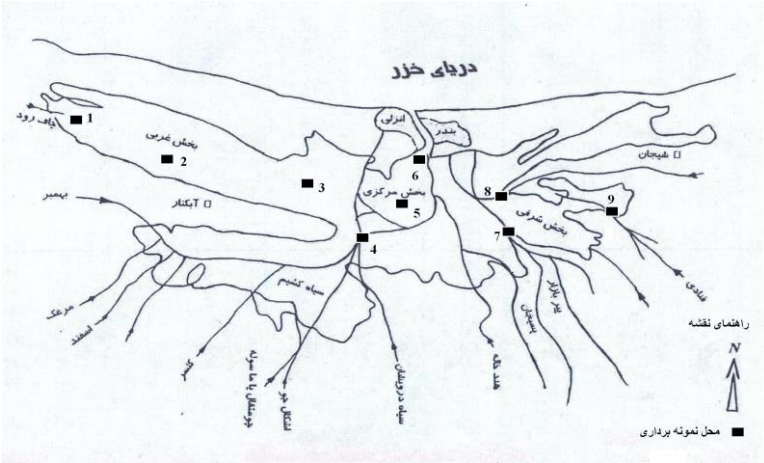
در طبیعت جیوه معدنی رها شده به وسیله میکروارگانیسم‌ها طی فرآیند متیلاسیون تبدیل به جیوه آلی شده و در ادامه در بافت‌های بدن موجودات ترکیب بسیار سمی متیل جیوه تجمع می‌یابد. جیوه هیچ گونه عملکرد فیزیولوژیک مفیدی در بدن انسان ندارد. عمده‌ترین عوارض ناشی ازمسمومیت با جیوه بروز اختلالات عصبی و کلیوی می‌باشد. علاوه بر اثرات سمی عمومی جیوه، این ماده سبب جهش‌زایی نیز می‌گردد. بزرگسالانی که در معرض مقدار زیادی متیل جیوه قرار گرفته اند ممکن است لرزش و بی‌حسی، خارش و سوزش در لب‌ها، زبان و انگشتان دست و پا را احساس کنند. با افزایش سطوح آلودگی در اکوسیستم‌های آبی، مقادیر آلاینده‌ها به ویژه جیوه در ماهی‌ها به خاطر آثار بالقوه بر انسان مورد توجه است (۷و۸). سن، طول، وزن، جنسیت، در محیط آبی، فصل صید و خواص فیزیکی و شیمیایی آب (شوری، pH، سختی و دما) از عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی هستند (۹). از سوی دیگر این فلز در بدن پرندگان و سایر موجودات کنارآبزی نیز تجمع یافته و عوارضی نظیر مسمومیت، اختلالات عصبی- ماهیچه‌ای و مرگ و میر در آن‌ها ایجاد می‌کند و نهایتاً باعث کاهش تنوع زیستی منطقه می‌گردد و این می‌تواند تهدیدی جدی برای ذخایر ارزشمند زیست‌محیطی محسوب گردد(۱۰). علاوه براین تالاب انزلی نیز محل تخیله فاضلاب-های صنعتی و کشاورزی است. با توجه به منابع آلاینده در تالاب انزلی و سواحل جنوبی دریای خزر، احتمال تجمع فلز سنگینی همچون جیوه در آبزیان مختلف از جمله ماهی‌ها وجود دارد. نظر به این که ماهی کپور و اردک در رژیم غذایی مردم محلی بخصوص صیادان وجود دارند و با توجه به لزوم پایش اکوسیستم‌های آبی از نظر آلودگی جیوه، هدف از این تحقیق سنجش میزان آلودگی فلز جیوه در بافت خوارکی دو

گونه مذکور تالاب و مقایسه میزان جیوه عضله با مقادیر استانداردهای جهانی است.

روش بررسی

محدوده مطالعاتی: تالاب انزلی جزو ۲۲تالاب بین‌المللی ایران بوده که تحت پوشش کنوانسیون رامسر قرار دارد. تالاب انزلی در جنوب دریایی خزر، در استان گیلان و جنوب شهرستان بندر انزلی قرار دارد. این تالاب در محدوده جغرافیایی ´۲۸ ۳۷° شمالی و ´۲۵ ۴۹° طول شرقی واقع می‌باشد. حداکثر عمق این تالاب ۳/۵ متر و متوسط عمق آن بیش از یک متر می‌باشد. تالاب انزلی شامل چهار منطقه به نام‌های تالاب غرب، تالاب شرق، تالاب مرکزی و سیاه کشیم است(۱۱). این تالاب از جانب شمال به دریای خزر از شرق به روستای پیربازار از غرب به کپور چال و آبکنار و از طرف جنوب به صومعه‌سرا و قسمتی از شهرستان رشت محدود می‌گردد. تنوع گونه‌های جانوری شامل آبزیان، پرندگان، خزندگان، دوزیستان و پستانداران حاشیه تالاب نشانه اهمیت تالاب انزلی است (۱۲). تالاب انزلی نیز تحت تأثیر افزایش جمعیت و صنعتی شدن شهرهای حاشیه خود قرار گرفته و موقعیت نگران کننده‌ای از لحاظ میزان مواد آلاینده پیدا نموده است.

دراواخر بهار سال ۱۳۹۶، پس از بررسی کامل منطقه مورد مطالعه از روی نقشه‌های موجود محل‌های مناسب نمونه‌برداری در سه بخش شرقی، مرکزی و غربی تالاب انزلی انتخاب شدند. علت انتخاب این سه منطقه از تالاب انزلی این بود که در بخش شرقی و مرکزی تالاب بیشترین بار آلودگی وجود دارد و در بخش غربی تالاب (آبکنار) به علت پایین بودن مقدار آلودگی جهت مقایسه انتخاب شدند. پس از مشخص شدن نواحی مورد مطالعه محل نمونه‌برداری مورد نظر را با کمک مکان‌یاب ماهواره‌ای جغرافیایی (GPS) روی نقشه در داخل تالاب علامت‌گذاری شد. در هر بخش تالاب سه ایستگاه در نظر گرفته شد، سپس در هرایستگاه از تالاب دو الی سه بار تور انداخته شده و برای هر گونه سه تکرار در هر ایستگاه انجام دادیم ودر مجموع از هر گونه ۲۷ تکرار در هر بخش تالاب انتخاب کرده و در مجموع ۸۱ نمونه به آزمایشگاه منتقل گردید. در شکل ۱ موقعیت رودخانه های ورودی به تالاب و ایستگاه های نمونه برداری ارائه شده است.



شکل ۱- عمده رودخانه های ورودی به تالاب انزلی و محل نمونه برداری در تالاب

در آزمایشگاه بعد از اندازه‌گیری وزن و سن، حدود۳۰ گرم از بافت ماهیچه پشتی ماهی را جدا کردیم و در ظروف پلی‌اتیلنی که قبلاً به مدت ۲۴ ساعت در ۳ لیتر اسید نیتریک ده درصد غوطه‌ور کرده بودیم، گذاشتیم و تا آماده‌سازی نهایی در سردخانه نگهداری شدند. برای آماده سازی نهایی ۱۰ گرم از بافت عضله را در پطری دیش گذاشته شد و به مدت ۲۴ ساعت در آون گذاشتیم تا کا ملاً خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک شده را در بوته چینی خوب پودر کردیم و اندازه‌گیری

دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه (مـدل Leco AMA 254) بـا دقت بسیار مطابق روش استاندارد EPA شماره۶۷۲۲-D انجام شد (۶). در تحقیق حاضر بـرای مطالعـات آمـاری از نـرم افـزار آماری SPSS استفاده شد. نرمال بودن داده‌های به دست آمده با استفاده از آزمون کولمـوگروف اسـمیرنوف بررسـی گردیـد و مشخص شد که داده‌ها نرمال نبودنـد، بنـابراین از روش آمـاری غیرپارامتریک استفاده شد. آزمون‌هـای غیـر پارامتریـک مـورد استفاده شامل کروسکال والیس و من ویتنی یو بودند.

یافته‌ها

میانگین کل غلظت جیوه در بافت عضله دو ماهی کپور و اردک به ترتیب ۰/۵۳۹۸ و ۰/۷۶۶۲ میکروگرم برگرم وزن خشک بـه دست آمد. جدول ۱و۲ نشان دهنده نتایج انـدازه‌گیـری میـزان جیوه در بافت عضله این دو گونه در سه بخش شرقی، مرکزی و غربی تالاب انزلی مـی‌باشـد. همـانطور کـه در ایـن جـدول‌هـا مشاهده می‌شود بالاترین میزان جیوه مربوط بـه اردک مـاهی و برای هر گونه بیشترین میزان جیـوه مربـوط بـه بخـش شـرقی تالاب انزلی بود، در حالی که ماهیان بخش غربی تالاب کمترین مقدار جیوه را داشتند.

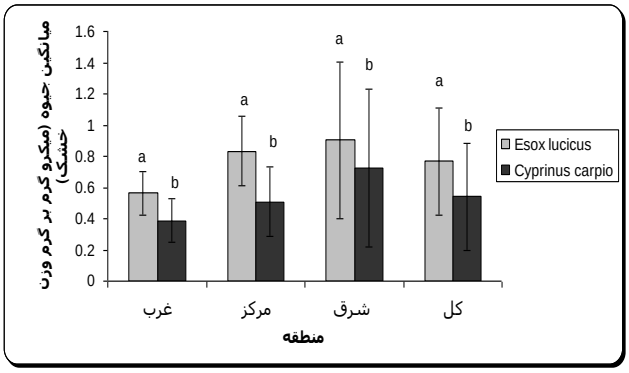
جدول ۱- نتایج حاصل از اندازه گیری میزان جیوه بر حسب میکرو گرم برگرم وزن خشک در بافت عضله اردک ماهی *(Esox lucicus)*

منطقه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
شرق	۹	۰/۹۰۲۶	۰/۳۶۱	۰/۶۰۲۴	۱/۶۰۹۹
مرکز	۹	۰/۸۳۳۳	۰/۴۰۹	۰/۴۶۱۳	۱/۵۰۲۱
غرب	۹	۰/۵۶۲۷	۰/۲۰۰	۰/۲۱۵۴	۰/۸۲۵۶
کل	۲۷	۰/۷۶۶۲	۰/۳۵۵	۰/۲۱۵۴	۱/۶۰۹۹

جدول ۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان جیوه بر حسب میکرو گرم برگرم وزن خشک در بافت عضله ماهی کپور(*Cyprinus carpio*)

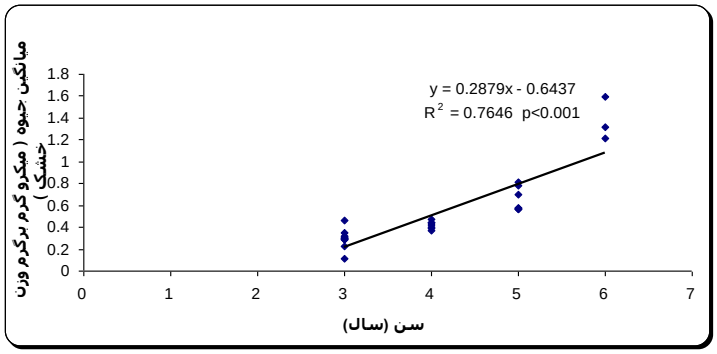
منطقه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
شرق	۹	۰/۷۲۲۸	۰/۵۰۵	۰/۳۰۲۳	۱/۵۹۶۵
مرکز	۹	۰/۵۰۸۳	۰/۲۲۱	۰/۱۱۲۱	۰/۸۰۹۹
غرب	۹	۰/۳۸۸۳	۰/۱۴۱	۰/۲۲۳۶	۰/۵۷۱۵
کل	۲۷	۰/۵۳۹۹	۰/۳۴۵	۰/۱۱۲۱	۱/۵۹۶۵

نتایج آزمون کروسکال والیس نشان دادکه میزان آلودگی جیوه دربافت عضله دو گونه مورد بررسی با هم تفاوت معنی‌داری را در سطح ۰/۰۵ >p نشان می دهد، در حالیکه نتایج حاصل از این آزمون بیانگر این بود که با وجود اختلاف میانگین جیوه در سه منطقه مورد بررسی، این از لحاظ آماری معنی‌دارنبوده (نمودار۱).

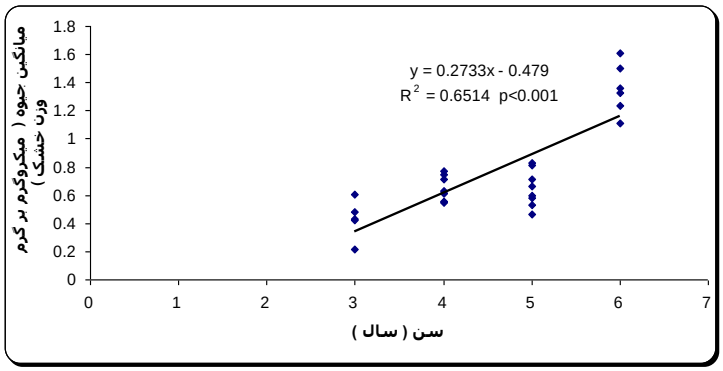


نمودار۱- غلظت جیوه در بافت عضله ماهی کپور و اردک در سه بخش شرق، مرکز و غرب تالاب انزلی

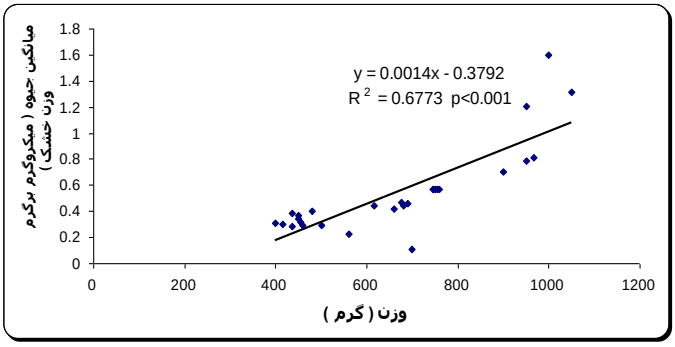
نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بیانگر این بود که یک همبستگی مثبت میان متغیرهای مستقل(سن و وزن) و متغییر وابسته (میزان جیوه در بافت عضله) برای دو گونه ماهی مذکور در سطح p<۰/۰۰۱ وجود داشت که این همبستگی در نمودارهای ۲، ۳، ۴ و۵ ارائه شده است.



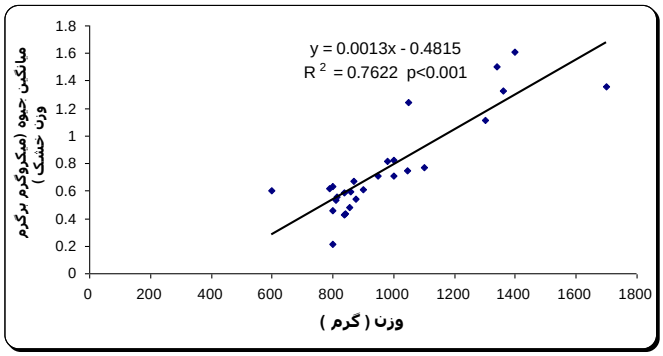
نمودار۲- ارتباط غلظت جیوه در عضله با سن ماهی کپور



نمودار۳- ارتباط غلظت جیوه در عضله با سن اردک ماهی



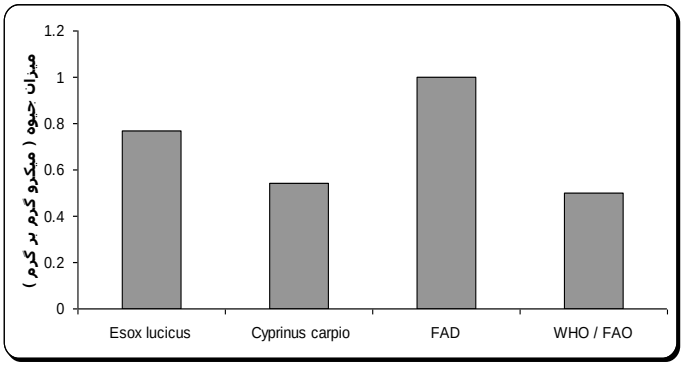
نمودار۴- ارتباط غلظت جیوه در عضله با وزن ماهی کپور



نمودار۵- ارتباط غلظت جیوه در عضله با وزن اردک ماهی

بحث ونتیجه‌گیری

در این بررسی مقایسه ای میان غلظت جیوه در دو ماهی کپور و اردک (که به ترتیب ۰/۵۳۹۸ و ۰/۷۶۶۲ میکروگرم برگرم وزن خشک به دست آمد) با حد آستانه تعیین شده توسط سازمان غذا ودارو آمریکا (FDA) صورت گرفت. این مقایسه نشان داد که غلظت جیوه گزارش شده در دو ماهی مذکور کمتر از سطح آستانه (۱ میکرو گرم بر گرم) می‌باشد و با آن از نظر آماری تفاوت معناداری در سطح$p<۰/۰۰۱$ دارد (۱۳). اما این مقادیر از حد آستانه تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و کشاورزی (FAO)بیشتر می‌باشد و این اختلاف نیز از نظر آماری در سطح $p<۰/۰۰۱$ معنی دار می‌باشد (۱۴). در نمودار ۶ این تفاوت‌ها ارائه شده است.



نمودار۶- مقایسه غلظت جیوه در عضله دو ماهی اردک وکپور با حد استانداردهای جهانی

مقادیر مشخص شده از سوی سازمان‌های مذکور مقادیری هستند که در بالاتر از آنها تاثیرات ناشی از جیوه مشخص خواهد شد، اگرچه ممکن است در پایین‌تر از این مقادیر جیوه آثار نامشخصی را بر سلامتی انسان داشته باشد. چرا که طبق گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی هر سطح و مقداری از جیوه می‌تواند مضر باشد و هیچ سطح اثر ویژه‌ای را برای جیوه نمی‌توان مشخص کرد. در این بررسی تفاوت معناداری میان غلظت جیوه در دو گونه مذکور مشاهده شد که این تفاوت می‌تواند ناشی از نوع رژیم غذایی متفاوت در دو گونه باشد. همانگونه که در منابع متفاوت بیان شده است ماهی کپور همه‌چیزخوار، در حالی که اردک ماهی گوشتخوار است، و این تفاوت می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد. نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر با نتایجی که سلیمی و همکارانش (۱۳۹۳) و Scerbo و همکارانش (۲۰۰۵) به دست آورند همخوانی دارد، آنها نیز به این نتیجه دست یافتند که غلظت جیوه در اردک ماهی به علت عادت غذایی گوشتخواری‌اش از سایرین بیشتر بود به طور کلی عادت غذایی و محیط زندگی می‌تواند تاثیر زیادی بر میزان غلظت جیوه در بافت عضله ماهی داشته باشد (۱۵و۱۶). میزان جیوه اندازه‌گیری شده دربافت عضله این دو گونه ماهی با مقادیری که در بافت عضله برخی از ماهیان آبهای مختلف برای مقایسه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- میزان جیوه اندازه‌گیری شده در عضله گونه‌های ماهیان در مناطق مختلف

منطقه مورد مطالعه	گونه مورد مطالعه	میزان جیوه(µg/g وزن خشک)	منابع
تالاب انزلی (بخش‌های شیجان، پیربازار و تالاب غربی) سال ۱۳۷۲	*a- Cyprinus carpio* *b-Carassius aurathus* *c- Esox lucicus*	a-۰/۲۹ b- ۰/۳۱ c-۰/۳۸	(۱۷)
رودخانه Feraser در کانادا	a- *White sturgeon*	a-۳/۳۷	(۱۸)
ایستگاه های(آبکنار، سیاه درویشان، کومه آقاجانی) تالاب انزلی سال۱۳۸۹	*a- Esox* *b-lucicus*	۰/۱	(۱۵)
رودخانه سیاه درویشان تابستان ۱۳۹۵	*a- Esox lucius* *b-Linnaeus*	۰/۹۸	(۱۹)
سواحل جنوبی دریای خزر	a-*Sander lucioperca* *b-Liza aurata* *c-Rutilus frisii kutu*	۱۰۴-۶۷۴ نانوگرم بر گرم ۶۶-۱۷۵ نانو گرم بر گرم ۱۲۳-۱۷۰ نانو گرم بر گرم	(۲۰)
سه منطقه غربی، مرکزی و شرقی تالاب انزلی	*a-Esox lucicus* *b-Cyprinus carpio*	۰/۵۳۹۸ ۰/۷۶۶۲	تحقیق حاضر

میزان جیوه موجود در بافت عضله ماهی کپور و اردک ماهی نسبت به میزان جیوه‌ای که در سال ۱۳۷۲ توسط صادقی راد که در بخش‌های شیجان، پیربازار و تالاب غربی اندازه‌گیری شد بیشتر است، همان‌گونه که مشاهده می‌شود در طی این مدت غلظت جیوه در این دو گونه ماهی افزایش چشمگیری داشته است، به گونه ای که غلظت جیوه در ماهی کپور و اردک در سال ۱۳۷۲ به ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۳۸ میکرو گرم بر گرم وزن خشک بوده(۱۷)، در حالی که در بررسی حاضر میانگین جیوه

در ماهی کپور و اردک که به ترتیب ۰/۵۳۹۸ و ۰/۷۶۶۲ میکروگرم برگرم وزن خشک به دست آمد. همچنین مقایسه میان میانگین به دست آمده در پژوهش حاضر با مقادیری که سلیمی و همکاران در سال ۱۳۸۹ ارائه داده‌اند موید افزایش آلودگی جیوه در این تالاب ارزشمند است(۱۵) این افزایش می‌تواند هشداری برای افزایش روز افزون میزان آلودگی موجود در این تالاب بین‌المللی باشد. اما مقادیر حاصله در این بررسی از مقدار جیوه در رودخانه Feraser کانادا کمتر بود(۱۸). همچنین میانگین جیوه به دست آمده از تحقیق حاضر از نتایجی که برای جیوه توسط Manaviو Mazumder در سواحل جنوبی دریای خزر گزارش گردیده است بیشتر می‌باشد که بیانگر وضعیت نگران کننده تالاب انزلی می‌باشد(۲۰). نظر به این که هدف دیگر این تحقیق، بررسی همبستگی میان غلظت فلز جیوه در بافت عضله دو ماهی کپور و اردک با عوامل سن و وزن می‌باشد، لذا نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن نشان داد که رابطه مثبت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد میان میزان تجمع جیوه با عوامل مذکور وجود دارد. نتایج حاصله با نتایجی که Łuczyńska و همکاران (۲۰۲۰) ، امینی رنجبر و ستوده-نیا (۱۳۸۴) و Scerbo و همکارانش (۲۰۰۵) به دست آوردند، همخوانی دارد (۲۱،۱۶). نتایج حاصل از آنالیز میزان تجمع فلز سمی جیوه، در بافت دو ماهی کپور و اردک ماهی با سن و وزن در مطالعه موجود بیانگر این مطلب است که باید آزمایش‌ها و بررسی‌های بیشتری در خصوص نحوه جذب (مطالعه نحوه برقراری پیوند فلز با چربی و پروتئین بافت) یا عدم جذب فلزات سنگین در بافت عضله دو ماهی مذکور انجام گردد. به طور مثال روند افزایشی میزان تجمع جیوه با افزایش عوامل سن و وزن ممکن است به دلیل وجود این عنصر در آب تالاب (ناشی از فعالیت‌های صنعتی موجود در حومه تالاب) و تشکیل کمپلکس فلز جیوه با چربی و پروتئین، باشد، بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعه اخیر، به این نتیجه رسیدیم که میزان غلظت جیوه در بافت دو گونه مورد بررسی از استانداردهای WHOو FAO بالاتر بوده، که این امر می‌تواند ناشی از ساختارهای زمین‌شناسی منطقه یا وجود منابع آلاینده حاصل از فعالیت‌های انسانی نظیر تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی از ساحل به دریای خزر، تردد قایق‌های صیادی، تفریحی و کشتی‌های تجاری وغیره باشد. از جمله صنایع موجود در حوالی این تالاب با ارزش می‌توان به تخلیه پساب و فاضلاب‌های متنوع واحدهای صنعتی واقع در این قسمت (مانند واحدهای چینی‌سازی، لامپ‌های مهتابی، نساجی گیلان، باطری سازی، پارس خزر و...)و کارگاه‌های صنعتی که درمسیر رودخانه‌های گوهر رود و زرجوب وجود دارند مرتبط ساخت که نهایتاً از طریق روخانه پیر بازار به تالاب انزلی راه می‌یابند، همچنین میزان آلودگی جیوه در نمونه‌های منطقه شرقی نسبت به دو منطقه مرکزی و غربی تالاب بیشتر بوده که با نتایج ابراهیمی سیریزی و همکاران همخوانی دارد(۲۲). علاوه بر کشاورزی و پساب‌های بیمارستان‌ها، در اطراف تالاب در محدوده شهر انزلی ۱۳ کارخانه بزرگ و ۸۰۰ کارگاه تولیدی استقرار یافته است. این تالاب هم اکنون به‌دلیل آلودگی زیاد در لیست تالاب‌های در خطر جهانی (تالاب‌های مونترو) قرار دارد، گسترش شهرها و افزایش روز افزون تراکم انسانی در کرانه‌های تالاب انزلی، فقدان وجود سیستم تصفیه فاضلاب و سرازیر شدن فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی از شهرهای اطراف به درون این تالاب، حیات تالاب انزلی و موجودات آن را به شدت به خطر انداخته است و لزوم مطالعات دامنه دار آن ضروری است. در نهایت باید تمامی ارگان‌های مرتبط دولتی و غیردولتی تلاش خود را جهت مدیریت بهینه تالاب انزلی انجام دهند و با یک برنامه‌ریزی منسجم و هدفمند معضلات این تالاب شناسایی گردد و در اولویت‌بندی جهت رفع شدن قرار گیرند و مطالعات دوره‌ای از وضعیت این تالاب با پشتوانه و جدیت بیشتری انجام گردد.

منابع

1- Adel, M.; Dadar, M.; Fakhri, Y.; Oliveri Conti, G. andFerrante, M., 2016. Heavy metal concentration in muscle of pike (*Esox lucius*) from Anzali international wetland,southwest of the Caspian Sea and their consumption risk

assessment. Toxin reviews, Vol. 35, No. 3-4, pp. 217-223.

۲- ملوندی حسن و همکاران، سنجش غلظت جیوه در *Esox lucius* (اردک ماهی) و ارزیابی ریسک بالقوه سلامت انسان به واسطه مصرف آن، تالاب انزلی، مجله بوم شناسی آبزیان، ۱۳۹۸،جلد۱،شماره ۹، صفحات. ۱۴۵تا۱۵۰.

3- National Academy of Sciences (NAS), Toxicological effects of methylmercury.Washington, D.C, National Academy Press,2000.

۴- ملازاده نسترن و نوذری محبوبه، بررسی تجمع جیوه در برخی بافت‌های اردک ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی و ارتباط آن با طول بدن و جنسیت . اکوبیولوژی تالاب، فصلنامه اکوبیولوژی تالاب، ۱۳۹۳،جلد۶، شماره۳، صفحات. ۴۹ تا ۵۸.

۵- اسماعیلی ساری عباس، آلاینده ها ، بهداشت و استاندارد در محیط زیست،انتشارات نقش مهر تهران، ۱۳۸۱،ص. ۶۷ -۷۹.

۶- موفق بهنام،معصومه و همکاران، انباشتگی فلزات جیوه و روی در عضله چهار گونه ماهیان دریای خزر (مطالعه موردی: سواحل محمودآباد- نوشهر، فصلنامه محیط زیست جانوری، ۱۳۹۹،دوره۱۲، شماره۳، صفحات. ۱۸۳ تا ۱۸۸.

7- Harakeh, S.,. Sabra, N., Kassak, K., Doughan, B., Sukhan, C., 2003.Mercury and Arsenic Levels Among Lebanese Dentists a Call for Action. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol.70,(4):pp. 629-35.

۸- امینی، م،«جیوه، فلزی سمی و خطرناک در محیط زیست»، اولین همایش بین المللی و دومین همایش ملی کشاورزی،محیط زیست و امنیت غذایی،۱۳۹۵-جیرفت-ایران.

9- Canli, M., Atli, G.,2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environ Pollut, Vol. 121(1): pp.129-136.

10- Telmer, K, Costa, M., Simões Angélica, R., Araujo, ES., Maurice, Y.,2006. The source and fate of sediment and mercury in the Tapajós River, Pará, Brazilian Amazon: Ground- and space-based evidence. J Environ Manage, Vol. 81(2),pp. 101-113.

۱۱- احمدی، مینا و همکاران، اندازه گیری و مقایسه غلظت فلزات سنگین کادمیوم ، نیکل و روی در بافت خوراکی عضله اردک ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی، *مجله علمی شیلات ایران* ،۱۳۹۳،جلد ۲۴ ، شماره۱،صفحات. ۷۵ تا ۸۲.

۱۲- منوری مسعود،« بررسی اکولوژیک تالاب انزلی»، نشر گیلان، ۱۳۶۹، صفحه. ۱۰۵.

13- Ruelle, DR., Henry, C., Life history observation and contaminant evaluation of Pallid sturgeon , Final report. U.S. Fish and Wildlife Service Region 6 , Contaminants Program ,1994.

14- WHO. Safety; International Programme on Chemical Environmental Health Criteria 118 for Inorganic Mercury. W. H. O. Geneva; 1991.

۱۵- سلیمی،لیدا و همکاران، تعیین فلزات سنگین آرسنیک، سلنیم، وانادیم ، مولیبدن، جیوه، نیکل، کادمیوم ، سرب و آهن در بافت عضله اردک ماهی (Esox luciusتالاب انزلی، مجله *پژوهش های علوم و فنون دریایی*، ۱۳۹۳،دوره ۹، شماره۲، صفحات. ۵۷ تا ۸۲ .

16- Scerbo, R., Ristori, T., Stefanini, B., Ranieri, S. D., Barghigiani, C.,2005. Mercury assessment and evaluation of its impact on .fish the Cecina river basin (Tuscany, Italy). Journal of Environmental Pollution, Vol. 135(1), pp. 179-186.

۱۷- ۱۷-صادقی راد مرجان، بررسی وتعیین میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیم، سرب، روی، کبالت) در چند گونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی، موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۱۳۷۲، ،شماره ۴ ،صفحات. ۱ تا ۱۶.

18- Macdonald, D. D., Ikonomou, M. G., Rantalaine, A. L., Rogers, I. H., Sutherland,D., Oostdam, J. V.,2009. Contaminants in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) from the upper Fraser River, British Columbia, Canada . Journal of Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 16, pp. 479 – 490.

۱۹- اتفاق دوست, محمد, علاف نویریان، حمید، مطالعه تجمع بیولوژیک شبه فلزات و فلزات سنگین در بافت عضله اردک ماهی (Esox lucius Linnaeus, 1758) رودخانه سیاه درویشان (استان گیلان، *مجله تحقیقات دامپزشکی*،۱۳۹۹، شماره ۲ ، صفحات.، ۱۵۶ تا ۱۶۵.

20- Manavi, P.N. and Mazumder, A., 2018. Potential risk of mercury to human health in three species of fish from the southern Caspian Sea. Marine pollution Bulletin, Vol. 130, pp. 1-5.

21- Łuczyńska, J., Tońska, E., Paszczyk, B. and Łuczyński, M. J., 2020. The relationship between biotic factors and the content of chosen heavy metals (Zn, Fe, Cu and Mn) in six wild freshwater fish species collected from two lakes (Łańskie and Pluszne) located in northeastern Poland. Iranian Journal of Fisheries Sciences, Vol. 19, pp. 421-442.

۲۲- ابراهیمی سیریزی ،زهره و همکاران، بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی دربافت عضله اردک ماهی تالاب بین المللی انزلی، انباشتگی وارزیابی خطرات، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران،۱۳۹۱ ،جلد بیست و دوم،شماره۸۷، صفحات. ۵۷ تا۶۳.