

بررسی تجمع جیوه در برخی بافت‌های اردک‌ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی و ارتباط آن با طول بدن و جنسیت

چکیده

پژوهش حاضر باهدف تعیین تجمع جیوه در بافت‌های حیاتی و خوراکی اردک‌ماهی (*Esox lucius*) انزلی و بررسی ارتباط بین طول بدن، جنسیت و نیز مکان زیست ماهی با میزان تجمع جیوه صورت گرفت. ۵۸ قطعه ماهی در تابستان سال ۱۳۹۱ با استفاده از الکتروشوکر از دو بخش شرقی و غربی تالاب انزلی برداشت گردید و پس از تعیین جنسیت و زیست سنجی، بافت‌های هدف جهت تعیین غلظت جیوه آماده‌سازی و توسط دستگاه پیشرفته آنالیز جیوه (Leco AMA 254) آنالیز شدند. نتایج نشان داد که طحال و عضله می‌تواند غلظت بلایی از جیوه را در خود تجمع دهد اما کبد در مقایسه با سایر اندام‌های مورد مطالعه غلظت پائینی از جیوه را در خود تجمع می‌دهد. مقایسه میزان جیوه در اردک‌ماهی‌نر و ماده بیانگر عدم وابستگی غلظت جیوه به جنسیت اردک‌ماهی در تالاب انزلی بود. غلظت جیوه در اردک‌ماهی‌نر بخش شرقی تالاب با اردک‌ماهی‌نر بخش غربی آن تفاوت معنی‌داری نداشت. هیچ‌گونه هم‌بستگی بین اندازه، وزن و مکان زیست ماهی در تالاب انزلی با میزان جذب و تجمع جیوه در بافت‌ها وجود نداشت. اختلاف معنی‌داری بین غلظت جیوه در بافت‌های دو جنس نر و ماده دیده نشد ($p > 0.05$) که بیانگر بی‌تأثیر بودن جنسیت در جذب جیوه در این گونه است. بین ماهی‌دو منطقه شرق و غرب تالاب نیز حتی باوجود تجمع عمده صنایع و آلاینده‌ها در بخش شرقی تالاب، اختلاف معنی‌داری به لحاظ میزان تجمع جیوه مشاهده نشد ($p > 0.05$). مطابق نتایج به‌دست‌آمده میزان جیوه در اردک‌ماهی‌نر تالاب انزلی از حد توصیه‌شده توسط FDA و WHO/FAO یعنی از ۱ ppm کمتر بود که با توجه به غلظت متوسط جیوه در عضله اردک‌ماهی (۳۲۲/۳۷ ppb) در تالاب انزلی در حد ۲ بار در ماه ریسک سلامتی ندارد و مجاز می‌باشد.

واژگان کلیدی: تالاب انزلی، اردک‌ماهی، جیوه، فلزات سنگین، تجمع زیستی،

Esox Lucius

مقدمه

فلزات به‌طور طبیعی در محیط‌زیست وجود دارند. برخی از آن‌ها در فرایندهای بیولوژیک نقش مهمی دارند ولی چنانچه میزان آن از حد معینی فراتر رود سلامت اکوسیستم و آب‌زکن و به‌تبع آن سلامت انسان را به خطر می‌اندازد (Birungi et al., 2007). فلز جیوه یک نوروٹوکسین است که می‌تواند باعث افزایش فشارخون، آسیب به کلیه‌ها، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، سقط‌جرین، تولید نوزاد نارس و غیره در انسان و نیز کاهش بقا و متابولیسم در ماهیان شود (Yilmaz et al., 2010; Karadede and Unlu, 2000; Bervoets et al., 2009). جیوه به‌عنوان یک آلاینده مهم زیست‌محیطی شناخته‌شده که در غلظت‌های پائین می‌تواند برای میکرو-

نسترن ملازاده^{*۱}

محبوبه نوزری^۲

۱. استادیار و عضو هیات علمی گروه محیط زیست،

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، اصفهان، ایران

۲. دانشجوی دکترا محیط زیست، دانشگاه آزاد

اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات

Nastaran.mollazadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۸

کد مقاله: ۱۳۹۳۰۳۰۱۲۰

این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

ارگانیزم‌ها خطر بزرگی باشد (Munoz-Olivas et al., 2001). مطابق نظر Boening در سال ۱۹۹۹، اشکال آلی جیوه عموماً سمی‌تر از اشکال غی آلی آن برای ارگانیزم‌های زنده می‌باشد. بیش از ۷۵ درصد از جیوه تجمع یافته در بافت عضله ماهیان آب های شیرین به شکل ترکیبات متیل مرکوری می‌باشد (Merian, 1992) که نشان می‌دهد جیوه آلی در مقایسه با جیوه غی آلی به‌طور مؤثرتری از طریق جذب مستقیم از آب، رسوبات بستر و انتقال در طول زنجیره غذایی به بدن ماهی انتقال می‌یابد (Weiner and Spry, 1996). به‌عنوان مثال ملازاده و کرباسی (۱۳۹۰) متوجه شدند هم‌بستگی معنی‌دار و مستقیمی بین میزان عناصر سنگین در آب، رسوب و عضله شاه‌میگو رودخانه چافرود وجود دارد. بنابراین بررسی فلزات سنگین از جمله جیوه در اکوسیستم‌های آبی به دلیل سمیت، پایداری و عدم تجزیه زیستی و قابلیت تجمع و بزرگ‌نمایی زیستی در زنجیره غذایی به‌ویژه آخرین سطح زنجیره غذایی حائز اهمیت است (Hajeb et al., 2007; Norhasyimah et al., 2011; Terra et al., 2007). در دهه‌های اخیر توجه زیادی به اندازه‌گیری فلزات سنگین در منابع غذایی دریایی و به‌ویژه ماهیان انتهایی زنجیره غذایی شده است. طبق نظر برخی پژوهش‌گران (Mendil et al., 2010; Olowu et al., 2010) ماهی به‌عنوان یک منبع غنی پروتئین، مواد معدنی و اسیدهای چرب غیر اشباع برای جلوگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی بسیار مناسب است (Lidwin-Kazmierkiewicz et al., 2009; Hajeb et al., 2009) و نیز به دلیل آسان بودن نمونه‌برداری و آنالیز، اغلب به‌عنوان یک شاخص زیستی در پایش آلودگی اکوسیستم‌های دریایی استفاده می‌شود. تالاب انزلی جزء ۲۲ تالاب بین‌المللی ایران است که تحت پوشش کنوانسیون رامسر قرار دارد. این تالاب به دلیل تنوع گونه‌های جانوری شامل آب‌زلی، پرندگان، خزندگان، دوزیستان و پستانداران حاشیه تالاب دارای اهمیت زیادی است. همچنین تالاب انزلی و آبگهی‌های حاشیه آن از مهم‌ترین مناطق زمستان‌گذرانی بسیاری از پرندگان آبی به شمار می‌رود (منوری، ۱۳۶۹) و متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل گسترش صنایع به‌ویژه در بخش شرقی تالاب و نیز افزایش ورود پساب‌ها به‌شدت در حال تخریب است. مطالعات بسیاری بر روی تجمع زیستی آلاینده‌ها بر روی زیست‌مندان پیکره‌های آبی انجام شده است. مثلاً در سال ۲۰۱۱ در مطالعه‌ای که توسط ملازاده و همکاران انجام شد مشخص شد در عضله، کبد و کلیه باکلان تالاب انزلی تجمع زیستی جیوه صورت گرفته و بین جیوه در کبد، کلیه و عضله اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اردک‌ماهی از بزرگ‌ترین گونه‌های ماهی آب‌های شیرین است که رژیم گوشت‌خواری دارد و در انتهایی زنجیره غذایی قرار دارد لذا می‌تواند گونه خوبی برای بررسی تجمع زیستی و بزرگ‌نمایی آلاینده‌های سمی در محیط‌های آبی باشد (جلودارزاده و عبدلی، ۱۳۸۳). قبلاً مطالعاتی در خصوص تجمع برخی فلزات سنگین مثل سرب، مس، روی و کادمیوم در بافت‌های اردک‌ماهی توسط ابراهیمی سیریزی و همکاران (۱۳۹۱) و برامکی و همکاران (۱۳۸۹) انجام شده اما به دلیل عدم وجود اطلاعاتی در خصوص میزان فلز جیوه در بافت‌های این گونه در تالاب انزلی، این موضوع موردبررسی قرار گرفت. از مهم‌ترین دلایل انتخاب کبد، فعالیت متابولیک زیاد و قابلیت بالای تجمع فلزات سنگین توسط این بافت می‌باشد. زیرا بافت کبد به‌عنوان بافت اصلی ذخیره‌کننده فلزات سنگین است (ابراهیمی سیریزی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین به دلیل این که بافت عضله بخش اصلی مصرفی ماهی است این قسمت نیز به‌منظور بررسی فلز جیوه انتخاب گردید. اردک‌ماهی بیش‌تر در آب‌های ساکن و زلال با بستر شنی و دارای گیاهان آبی فراوان و نیز در آب‌های لب‌شور دیده می‌شود. این ماهی شکارچی بوده و از لارو دوزیستان، حشرات، ماهیان، جوجه پرندگان و نیز پستانداران کوچک تغذیه می‌کند. معمولاً در قسمت‌های پائینی رودخانه‌ها، تالاب‌ها و آب‌بندان‌ها که دارای جریان آب آرام باشد به سر می‌برد (عباسی و همکاران ۱۳۷۸، جلودارزاده و عبدلی، ۱۳۸۳). اهداف اصلی این مطالعه، اندازه‌گیری میزان جیوه در اندام‌های مصرفی و حیاتی (عضله، طحال، کلیه و کبد) اردک‌ماهی، بررسی تأثیر اندازه بدن، جنسیت و نیز مکان زیست ماهی در تجمع فلز مذکور و هم‌چنین مقایسه میزان جیوه تجمع یافته با مقادیر مجاز توصیه‌شده برای مصارف تغذیه انسان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بررسی حاضر با برداشت ۵۸ قطعه ماهی در تابستان سال ۱۳۹۱ از دو بخش شرقی و غربی تالاب انزلی صورت گرفت. نمونه‌ها به‌وسیله الکتروشوکر و تور صید گردیدند. به‌منظور انجام این تحقیق ۵۸ قطعه اردک‌ماهی صید شد که شامل ۱۳ اردک‌ماهی ماده و ۱۵ اردک‌ماهی نر از بخش شرقی، ۱۵ اردک‌ماهی ماده و ۱۵ اردک‌ماهی نر از بخش غربی تالاب بود. دلیل برداشت از دو بخش غربی و

شرقی تجمع صنایع در بخش شرقی تالاب و ورود پساب آن ها به داخل این بخش از تالاب است. نمونه‌ها در یونولیت‌های حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند و تا زمان آنالیز در دمای -20°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. قبل از جداسازی بافت‌های مورد نظر، طول کل و وزن هر ماهی با تخته زیست‌سنجی و ترازوی با دقت 0.01 گرم اندازه‌گیری شد هم‌چنین جنسیت نمونه‌ها در زمان برداشت بافت‌ها و تشریح ماهی با توجه به گنادها مشخص گردید. بافت‌ها پس از توزین در دمای $60-70^{\circ}\text{C}$ سانتری‌گراد به مدت 72 ساعت در آون خشک شدند. سپس نمونه‌ها به‌طور یکنواخت پودر شدند. از هر نمونه مقدار 0.1 گرم توسط ترازو با دقت 0.001 گرم برداشت و توزین گردید و با دستگاه اختصاصی آنالیز جیوه (Leco AMA 254) آنالیز شد. برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS16 استفاده گردید. میزان هم‌بستگی بین غلظت جیوه با وزن، طول و جنسیت نمونه‌ها، با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه بررسی شد. برای مقایسه میانگین غلظت جیوه در قسمت غربی و شرقی و بین دو جنس نر و ماده از آزمون Independent sample t-test استفاده شد. برای تعیین ارتباط غلظت جیوه در بافت‌ها و طول کل نیز از رسم تابع رگرسیونی استفاده شد.

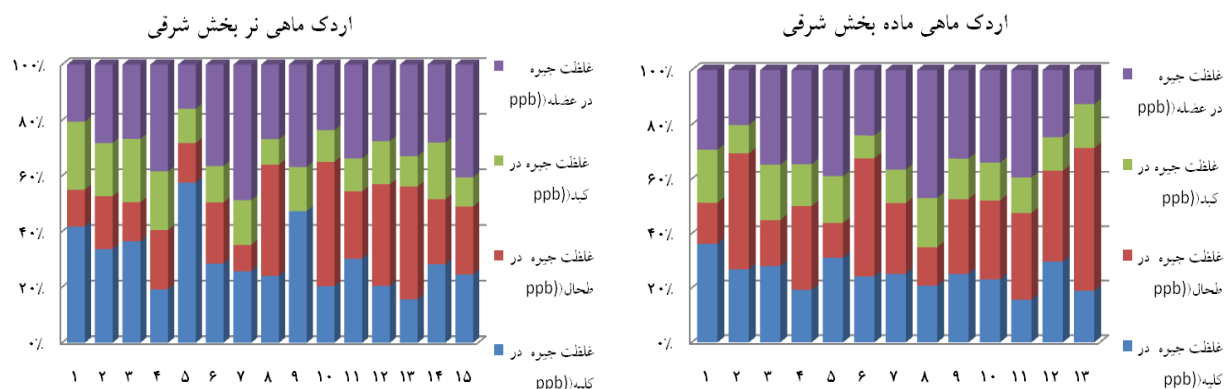
نتایج

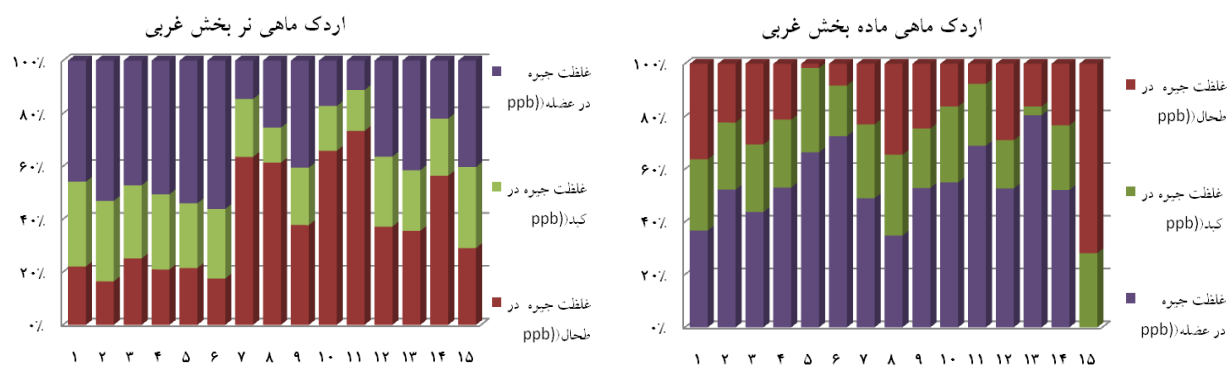
نتایج حاصل از زیست‌سنجی، تعیین جنسیت و آنالیز میزان جیوه در بافت‌های مختلف اردک‌ماهی‌کلن بخش شرقی و غربی تالاب انزلی در قالب نمودارها و جداول در ذیل آورده شده است. از کل نمونه‌های برداشت‌شده 28 نمونه ماده و 30 نمونه نر بودند.

جدول ۱: اطلاعات زیست‌سنجی ماهی اردک‌ماهی (*Esox lucius*) برداشت‌شده از تالاب انزلی.

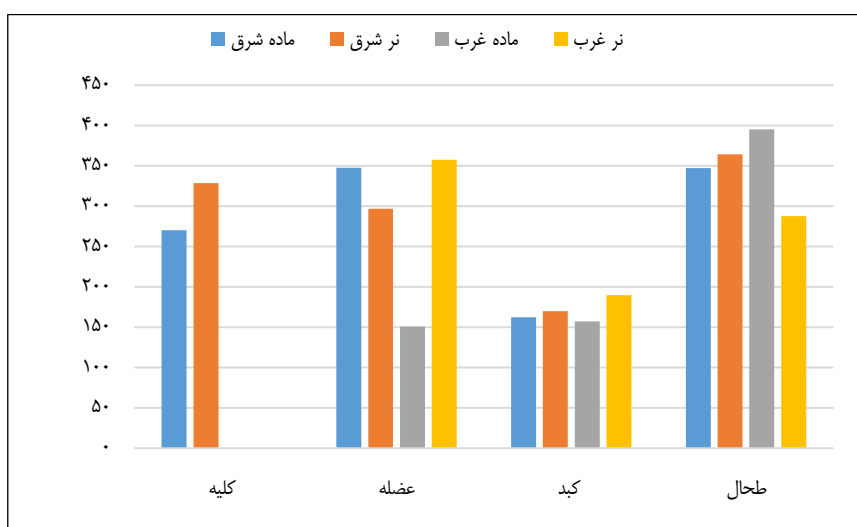
اسم گونه	جنسیت و تعداد	وزن (گرم)	طول بدن (میلی‌متر)
اردک‌ماهی <i>Esox lucius</i>	نر = ۳۰ قطعه	۷۰۵.۹۷	۴۵۱.۰۳
	ماده = ۲۸ قطعه	۵۱۴.۷۳	۴۲۱.۵۰

نتایج مقایسه‌ای آنالیز جیوه در ماهی‌های نر و ماده بخش غربی و شرقی تالاب در شکل ۱ نمایش داده شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده حداکثر، حداقل و میانگین غلظت جیوه در اردک‌ماهی‌کلن ماده بخش شرقی تالاب انزلی به ترتیب $506/47$ ppb، $139/75$ ppb و $276/32$ ppb در اردک‌ماهی‌کلن نر بخش شرقی تالاب انزلی به ترتیب $509/89$ ppb، $123/34$ ppb و $296/50$ ppb در اردک‌ماهی‌کلن ماده بخش غربی تالاب انزلی به ترتیب $525/82$ ppb، $101/65$ ppb و $238/46$ ppb و در اردک‌ماهی‌کلن نر بخش غربی تالاب انزلی به ترتیب $445/68$ ppb، $127/31$ ppb و $277/07$ می‌باشد.



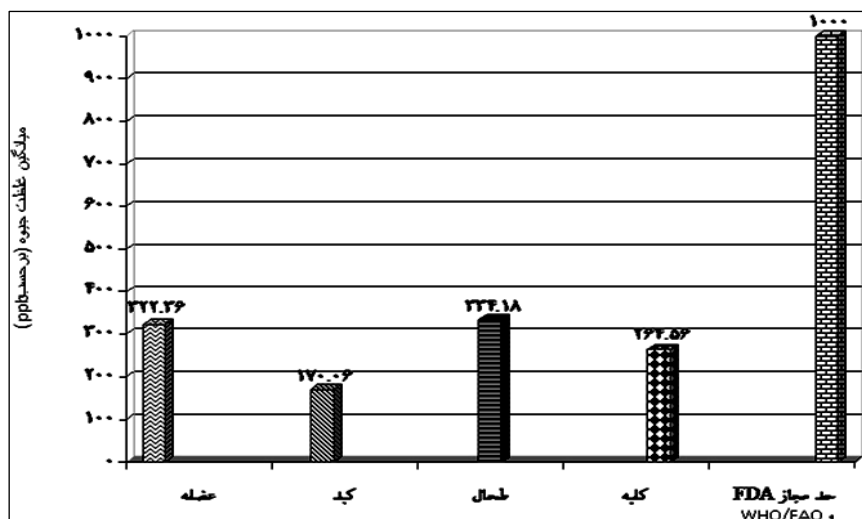


شکل ۱: مقایسه غلظت جیره (ppb) در بافت‌های مختلف اردک ماهی (*Esox lucius*) به کل جیره به تفکیک جنسیت و محل حضور در ۱۳۹۱.



شکل ۲: مقایسه میانگین غلظت جیره (ppb) در اندام‌های مختلف اردک ماهی (*Esox lucius*) تفکیک جنسیت و محل حضور در ۱۳۹۱.

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در دو بخش غربی و شرقی و نیز در هر دو جنس نر و ماده، کبد نسبت به سایر بافت‌ها کم-ترین میزان تجمع جیره را نشان می‌دهد. به‌طور کلی میانگین غلظت جیره در ماهی‌های نر نسبت به جنس ماده بیش‌تر است اما بین غلظت جیره در بافت‌های نر و ماده تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

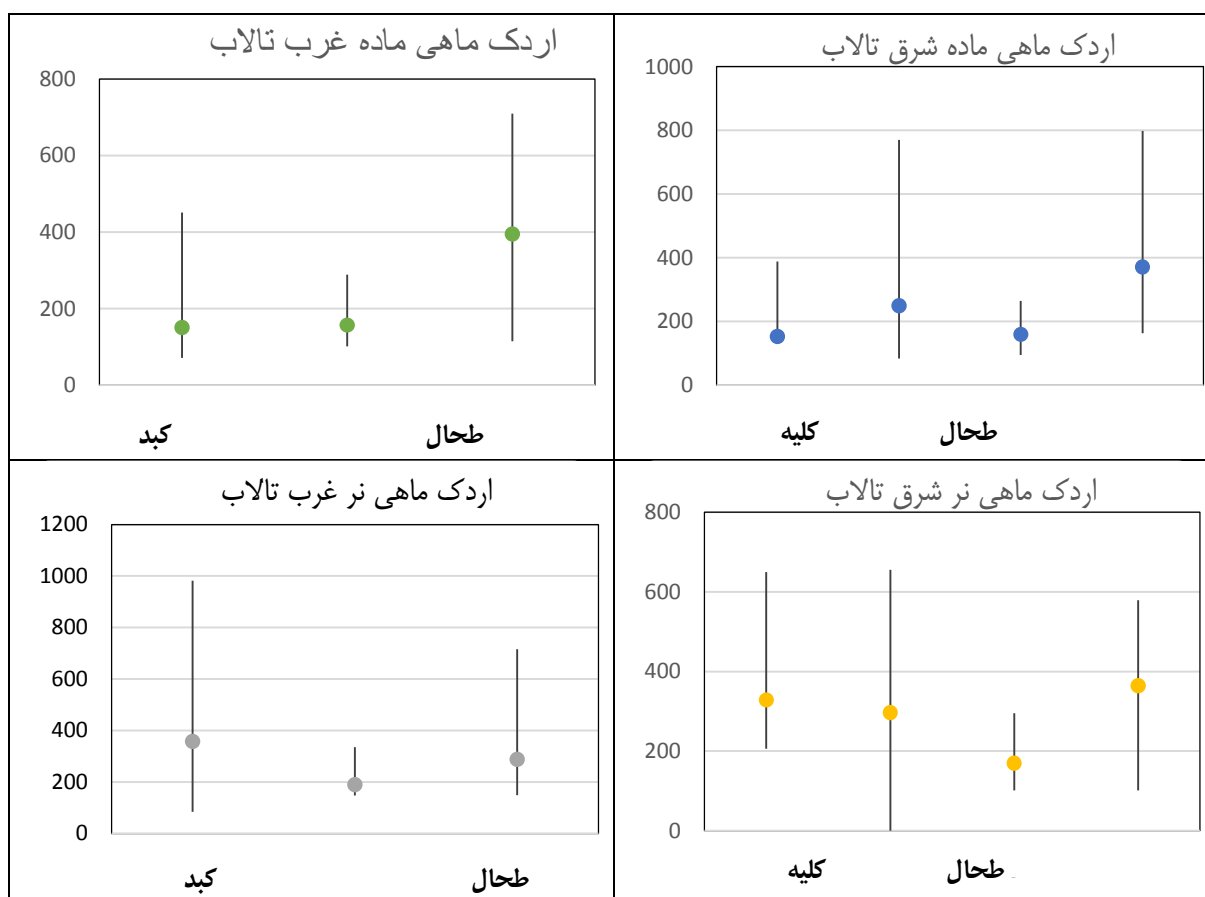


شکل ۳: مقایسه غلظت جیوه (ppb) در اندام‌های مختلف اردک‌ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی (در سال ۱۳۹۱) با حد مجاز FDA و WHO/FAO.

شکل ۳ مقایسه میانگین غلظت جیوه در اندام‌های مختلف اردک‌ماهی تالاب انزلی با حد مجاز FDA و WHO/FAO را نشان می‌دهد که میانگین جیوه در کلیه بافت‌ها کمتر از مقادیر تعیین شده استاندارد یعنی ۱ ppm می‌باشد.

جدول ۲: میانگین غلظت جیوه (ppb) در بافت‌های اردک‌ماهی (*Esox lucius*) نر و ماده شرق و غرب تالاب (میانگین $\pm$ خطای استاندارد) در ۱۳۹۱.

منطقه	عضله	کبد	طحال	کلیه
اردک‌ماهی ماده				
منطقه شرقی	۳۴۶/۹۱ $\pm$ ۱۵۸/۱۷	۱۶۲/۲۱ $\pm$ ۵۴/۹۰	۳۴۷/۵۵ $\pm$ ۲۱۲/۸۳۷	۲۷۰/۳۲ $\pm$ ۶۷/۶۰۸
منطقه غربی	۳۹۴/۹۳ $\pm$ ۲۵۴/۴۹	۱۵۷/۰۳ $\pm$ ۶۹/۸۲	۱۵۰/۷۶ $\pm$ ۱۰۹/۰۹	ND
اردک‌ماهی نر				
منطقه شرقی	۳۶۴/۱۹ $\pm$ ۱۵۸/۱۴	۱۶۹/۹۳ $\pm$ ۵۴/۷۶	۲۹۶/۷۶ $\pm$ ۲۴۶/۸۵	۳۲۸/۵۳ $\pm$ ۱۳۱/۱۵
منطقه غربی	۲۸۷/۶۹ $\pm$ ۱۴۲/۵۶	۱۸۹/۶۹ $\pm$ ۵۲/۶۴	۳۵۷/۴۹ $\pm$ ۳۷۶/۱۶	ND



شکل ۴: مقایسه میانگین جیوه و توزیع داده‌ها (ppb) در بافت‌های اردک‌ماهی (*Esox lucius*) ماده و نر شرق و غرب تالاب در ۱۳۹۱.

مطابق نتایج به‌دست‌آمده (جدول شماره ۲ و شکل ۴) بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین غلظت جیوه در اردک‌ماهی ماده بخش شرقی و اردک‌ماهی نر بخش غربی به ترتیب در طحال و کبد مشاهده شد. به‌طورکلی میانگین میزان جیوه در جنس نر بیش‌تر از جنس ماده بود.

بحث و نتیجه‌گیری

عوامل زیادی از جمله زیست‌گاه، رژیم غذایی، جنسیت، طول بدن، سن و نوع بافت در تجمع فلزات سنگین در موجودات زنده مؤثر هستند (Agah *et al.*, 2009; Farkas *et al.*, 2001, 2003; Mendil *et al.*, 2010). مطالعات بسیاری از جمله مطالعات Tuzen و همکاران در سال ۲۰۰۹ و Yilmaz و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که بافت هدف فلزات سنگین عمدتاً بافت‌هایی با متابولیک بالا مانند کبد، کلیه و آب‌شش‌ها در ماهیان هستند. اگرچه تاکنون تحقیقی در خصوص غلظت جیوه، جذب و تجمع آن در طحال انجام نگرفته، نتایج این پژوهش با نمایش بیش‌ترین غلظت جیوه در طحال، نشان می‌دهد که این عضو می‌تواند غلظت بالایی از جیوه را در خود جذب نموده و تجمع دهد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد کبد کم‌ترین غلظت جیوه را در خود جذب نموده و کم‌ترین تجمع جیوه را دارد. مطابق پژوهش Gochfeld در سال ۲۰۰۳، کبد مهم‌ترین بخش انتقال زیستی متیل جیوه در جانوران است. اگرچه غلظت جیوه در طحال از عضله بیش‌تر است اما بین غلظت جیوه در طحال و عضله ارتباط معنی‌دار آماری وجود ندارد ($p > 0.05$). لذا مصرف اردک‌ماهی می‌تواند از این جهت بدون خطر باشد. نتایج فوق نشان می‌دهد که غلظت جیوه در عضله بیش‌تر از کبد است. در تحقیقات انجام‌شده توسط Jewett و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده گردید که تراکم جیوه در عضله اردک‌ماهی‌های موردبررسی بیش‌تر از تراکم آن در کبد بود. اما نتایج تحقیقات Sager در سال ۲۰۰۳، مبین آن است که در برخی از گونه‌های ماهیان آب‌های شیرین غلظت جیوه در کبد از

عضله بیش تر است که این مسئله می تواند وابسته به نوع گونه، نحوه زیست، رژیم غذایی و جایگاه گونه در زنجیره غذایی و اکوسیستم باشد.

مطابق شکل ۳ مشاهده می گردد میانگین غلظت جیوه در اندام های مختلف اردک ماه کلن تالاب انزلی از حد مجاز FDA و WHO/FAO کم تر می باشد و حداکثر و حداقل میانگین جیوه به ترتیب در طحال و کبد وجود دارد و پس از طحال عضله بیش ترین میزان جیوه را به خود اختصاص داده است. از آنجایی که طحال بخش خوراکی ماهی نیست لذا به لحاظ سلامتی نمی تواند ایجاد نگرانی نماید اما به طور کلی با توجه به قابلیت نسبتاً بالای جذب و تجمع جیوه در عضله اردک ماه کلن و خوراکی بودن آن توصیه می گردد که حدود مصرف آن رعایت گردد. مطابق دستورالعمل EPA در مورد حد مجاز مصرف ماهانه ماهی (۱ ppm)، تعداد وعده های غذایی مجاز این ماهی در ماه، با غلظت ۰/۳۲-۰/۲۴ ppm، ۲ بار خواهد بود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). با توجه به نتایج حاصله، غلظت جیوه در اردک ماه کلن با جنسیت و سن ارتباط معنی دار ندارد. نتایج مربوط به همبستگی و معی دار بودن ارتباط غلظت جیوه در اردک ماه کلن با طول، وزن و سن نیز نتایج فوق را تأیید می نماید. در مطالعه ای که توسط ابراهیمی سیریزی و همکاران در سال ۱۳۹۱ بر روی اردک ماهی تالاب انزلی انجام شده بود، آنالیز داده ها نشان داد که ارتباط معنی داری بین غلظت فلزات سرب، مس و روی با طول و وزن ماهی ها وجود ندارد. انصاری و همکاران در سال ۲۰۰۶ ارتباط معنی داری بین اندازه بدن یک گونه ماهی بومی آبگهی های پاکستان با میزان برخی فلزات سنگین پیدا کردند. در سال ۲۰۰۲ آقای Jewett و همکاران در تحقیق خود نشان دادند که هیچ تفاوت معنی داری در میزان تراکم جیوه بین اردک ماهی های نر بلعاده وجود ندارد و از طرفی تراکم جیوه در ماهی با افزایش سن ماهی و افزایش اندازه بدن ماهی، افزایش می یابد. همچنین تراکم بالایی جیوه در بافت های ماهی اساساً یک کارکرد مرتبط با اندازه است تا با جنس و به نظر نمی رسد که جنسیت در این گونه ماهی، تجمع و افزایش جیوه در بافت را تحت تأثیر قرار دهد. گزارش ارائه شده توسط WHO، در سال ۱۹۸۹ نشان می دهد که در برخی از گونه های ماهی، نرها مقادیر جیوه بیش تر از ماده های هم سن خود نشان می دهند که چنین نتایجی در پژوهش حاضر نیز مشاهده گردید. باوجود تجمع صنایع در بخش شرقی تالاب و ورود پساب آن ها به این بخش، بین میانگین غلظت جیوه در اردک ماه کلن ماده و نر بخش شرقی تالاب با بخش غربی آن تفاوت معنی دار آماری وجود ندارد ($p > 0.05$). این عدم تفاوت می تواند مبین تحرک زیاد این ماهی باشد و از آنجاکه ماهی به تنهایی نمی تواند ملاک خوبی برای تعیین میزان آلودگی در یک منطقه باشد. برای اثبات این موضوع باید غلظت جیوه در موجودات دیگر به ویژه بنتوزها و نیز در رسوب تالاب اندازه گیری شود. براساس این پژوهش غلظت جیوه در بافت های هدف این مطالعه با طول، جنسیت اردک ماهی و مکان زیست آن ها همبستگی معنی داری ندارد ($R^2 < 0.1$). در مطالعات مشابهی که توسط Jewett و همکاران در سال ۲۰۰۲ انجام شد نیز همبستگی معنی داری بین غلظت جیوه در ماهیان مورد بررسی با طول بدن ماهی مشاهده نشد. برخلاف نتایج این پژوهش و پژوهش Jewett و همکارانش در سال ۲۰۰۲، آقایان Francesconi و Lenanton (۱۹۹۲)، Post و همکاران (۱۹۹۶)، Wiener و Spry (۱۹۹۶) و Sager (۲۰۰۲) نشان دادند که تراکم جیوه در ماهی با سن ماهی می تواند رابطه داشته باشد و همبستگی بی ثبات تراکم جیوه با طول و وزن ماهی که در برخی پژوهش ها دیده شده ممکن است انعکاس نمونه برداری از سایت هایی با کم ترین میزان آلودگی باشد. به طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش میزان تجمع جیوه در بافت عضله اردک ماهی برخلاف بسیاری از ماهیان آب شیرین بیش تر از تجمع آن در کبد و سایر اندام های حیاتی است و هیچ ارتباط معنی داری بین طول بدن و جنسیت ماهی با جذب و تجمع جیوه در بافت های این ماهی دید نشد ($p > 0.05$). باوجود این که بخش شرقی تالاب انزلی نسبت به بخش غربی آن دارای صنایع بیش تری است و حجم قابل توجهی از فاضلاب ها هر روز به این بخش وارد می شود، اما بین ماهی های بخش شرقی و غربی به لحاظ تجمع جیوه هیچ اختلاف معنی داری دیده نشد که این مسئله می تواند به دلیل اختلاط آب، ترسیب آلاینده ها در بستر تالاب و نیز تحرک و جابجایی اردک ماهی و سایر آبزیانی که اردک ماهی از آن ها تغذیه می کند بین دو بخش غربی و شرقی تالاب باشد. طبق نتایج حاصل از این پژوهش طحال می تواند بخش قابل توجهی از جیوه را در خود انباشته نماید که از آنجایی که این بافت خوراکی نیست ریسکی برای سلامتی و ممانعتی برای مصرف این ماهی ایجاد نمی کند. مطابق نتایج میزان حاصله جیوه در اردک ماه کلن تالاب انزلی از حد توصیه شده توسط FDA و WHO/FAO یعنی از ۱ ppm کم تر بود که با توجه به غلظت متوسط جیوه در عضله اردک ماهی (ppb) ۳۲۲/۳۷ در تالاب انزلی در حد ۲ بار در ماه خطری برای سلامتی ندارد و مجاز می باشد.

منابع

- ابراهیمی سیریزی، ز.، ساکی زاده، م.، اسماعیلی ساری، ع.، بهرامی فر، ن.، قاسم پوری، م. و عباسی، ک.، ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت عضله اردک ماهی تالاب بین‌المللی انزلی، انباشتگی و ارزیابی خطرات، مجله علوم پزشکی دانشگاه مازندران، جلد ۲۲، شماره ۸۷: صفحات ۵۷-۶۳.
- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست، چاپ اول، انتشارات نقش مهر، ۷۶۸ ص.
- برامکی یزدی، ر.، ابراهیم پور، م.، پورخباز، ع. و بابایی، ه.، ۱۳۸۹. تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان (سوف و اردک ماهی) تالاب انزلی، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ایران، ۲۸۰ ص.
- عباسی، ک.، ولی پور، ع.، طالبی حقیقی، د.، نظامی بلوچی، ش. و سرپناه، ع.، ۱۳۷۸. اطلس ماهیان رودخانه سفید- رود و تالاب انزلی، مرکز تحقیقات شیلاتی گیلان، ۱۱۳ ص.
- ملازاده، ن. و کرباسی، ع.، ۱۳۹۰. بررسی میزان عناصر سنگین در آب، رسوبات و عضله شاه‌میگوی آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) رودخانه چاف‌رود استان گیلان، پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ایران، ۱۸۰۰ ص.
- منوری، م.، ۱۳۶۹. بررسی اکولوژیک تالاب انزلی، چاپ اول، نشر گیلان، ۱۰۵ ص.
- نادری جلودار، م. و عبدلی، ا.، ۱۳۸۳. اطلس ماهیان حوزه جنوبی دریای خزر (آب‌های ایران)، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۱۲ ص.
- Agah, H., Leermakers, M., Marc Elskens, S. and Fatemi, M., 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. *Environmental Monitoring Assess.* 157: 499-514.
- Ansari, T. M., Saeed, M. A., Raza, A., Naeem, M. and Salam, A., 2006. Effect of body size on metal concentrations in wild *puntiuschola*. *Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry.* 7(2): 116-119.
- Bervoets, L., Van Campenhoutk, K., Reynders, H., Kanapen, D., Covaki, A. and Blust, R., 2009. Bioaccumulation of micropollutants and biomarker responses in caged carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 72:720-728.
- Birungi, Z., Masola, B., Zaranyika, M. F., Naigaga, I. and Marshall, B., 2007. Active biomonitoring of trace heavy metals using fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator species. The case of Nakivubo wetland along Lake Victoria. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C.* 32 (15-18): 1350-1358
- Boening, Dean. W., 1999. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chem.* 40: 1335-1351.
- Francesconi, K. A. and Lenanton, R. C. J., 1992. Mercury contamination in a semi-inclosed marine emayment: organic mercury content of biota, and factors influencing mercury levels in fish. *mar. Environ. Res.* 331:189-212.
- Farkas, A., Salanki, J., Speczira, A., Varanka, I., 2001. Metal pollution as health indicator of Lake Ecosystems. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health.* 14(2): 163-170
- Farkas, A., Salanki, J. and Speccziar, A., 2003. Age and size- Specific Patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. Populating a low contaminated site. *Water Research.* 37: 959-964
- Gochfeld, M., 2003. Cases of mercury exposure, bioavailability and absorption. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 56:174-176.
- Hajeb, P., Jinap, S., Ismail, A., Fatimah, A. B., Jamilah, B. and Abdul Rahim, M., 2009. Assessment of mercury level in commonly consumed marine fishes in Malaysia. *Food Control.* 20: 79-84
- Jewett, S. C., Zhang, X., Sathy Naidu, A., Kelley, J. J., Dasher, D. and Duffy, K., 2002. Comparison of mercury and methylmercury in northern pike and Arctic grayling from western Alaska Rivers. *Chem.* 50: 383-392.
- Jewett, S. C. and Duffy, L. K., 2007. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. *Science of the Total Environment.* 387: 3-27
- Karadede, H. and Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere.* 41(9): 1371-1376
- Lidwin-Kazmierkiewicz, M., Kamila Pokorska, K., Protasowicki, M., Monika Rajkowska, M. and Wechterowicz, Z., 2009. Content of selected essential and toxic metals in meat of fresh water fish from west Pomerania, Poland. *Polish journal of food and nutrition sciences.* 59(3): 219-224.

- Mendil, D., Unal, O. F., Tuzen, M., Soylak, M., 2010.** Determination of trace metals in different fish species and sediments from the river Yesilirmak in Tokat, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*. 48: 1383-1392.
- Mollazadeh, N., Esmaili, A. and Ghasempouri, M., 2011.** Distribution of Mercury in Some Organs of Anzali wetland Common cormorant (*Phalacrocorax carbo*), second International Conference on Environmental Engineering and Applications (IPCBE), Shanghai, China, P 1033.
- Munoz-Olivas, R., Camarca, C., in: Ebdon, L., Pitts, L., Cornelis, R., Crews, H., Dornard, O.F.X., Quevauviller(eds), Ph., 2001.** Trace element speciation for environment, food and health, Royal Society of chemistry, Cambridge, 343 pp.
- Nor Hasyimah, A. K., Noik, V. J., Teh, Y. Y., Lee, C. Y. and Ng, H. P., 2011.** Assessment of cadmium (Cd) and lead (Pb) levels in commercial marine fish organs between wet markets and supermarkets in Klang Valley, Malaysia. *Food Res. J*, 18, 795-802.
- Olowu, R. A., Ayejuyo, O. O., Adewuyi, G.O. and Adejoro, I. A., 2010.** Determination of Heavy Metals in Fish tissues, water and sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. *E-Journal of Chemistry*. 7(1): 215-221.
- Post, J. R., Vandenbos, R. and McQueen, D. J., 1996.** Uptake rates of food-chain and waterborne mercury by fish: field measurements, a mechanistic model, and an assessment of uncertainties. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(2), 395-407.
- Terra, B. F., Araújo, F. G., Calza, C. F., Lopes, R. T. and Teixeira, T. P., 2007.** Heavy metal in tissues of three fish species from different trophic levels in a tropical Brazilian River. *Water Air Soil Pollut.* 23:1-10
- Tuzen, M., Karaman, I., Citak, D. and Soylak, M., 2009.** Mercury (II) and methyl mercury determinations in water and fish samples by using solid phase extraction and cold vapour atomic absorption spectrometry combination. *Food and Chemical Toxicology*. 47(7): 1648-1652
- Sweet, L. I. and Zelikoff, J. T., 2002.** Toxicology and immunotoxicology of mercury: a Comparative review in fish and humans. *J. Toxicol. Environ. Health*. 4: 161-205.
- Sager, D. R., 2002.** Long-term variation in mercury concentration in estuarine organisms with changes in releases into Lavaca Bay, Texas. *mar.pollut.bll*. 44: 807-815.
- WHO Technical Report Series, 1976.** No. 612, (Pesticide residues in food: report of the 1976 joint FAO/WHO Meeting).
- Wiener, J. G. and Spry, D. J., 1996.** Toxicological significance of mercury in freshwater fish. Heinz GH, Rdmon-Norwood AW(eds.). p.297.
- Wren, C. D., Scheider, W. A., Wales, D. L., Muncaster, B. W. and Gray, I. M., 1991.** Relation between mercury concentrations in Walleye and Northern Pike in Ontario lakes and influence of environmental factors. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:132-139.
- Yilmaz, A. B., Sangün, M. K., Yaglioglu, D., Turan, C., 2010.** Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, Turkey. *Food Chemistry*. 123(2): 410-415.
- Yilmaz, F., 2009.** The Comparison of Heavy Metal Concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) Inhabiting Köycegiz Lake-Mugla (Turkey). *Turkish Journal of Science and Technology*. 4(1):7-15.

