

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

نسترن ملازاده^{*}محبوبه نوذری^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: ۱۴/۰۲/۹۳

تاریخ پذیرش: ۱۸/۰۶/۹۳

کد مقاله: ۱۲۰۳۰۳۰۱۲۰

این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

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 الکتروشکر از دو بخش شرقی و غربی تالاب انزلی برداشت گردید و پس از تعیین جنسیت و زیست سنجه، 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 می‌توان غلظت بلایی از جیوه را در خود تجمع دهد اما کبد در مقایسه با سایر اندام‌های موردمطالعه غلظت پائینی از جیوه را در خود تجمع می‌دهد. مقایسه میزان جیوه در اردک‌ماهی نر و ماده بیان گر عدم واستگی غلظت جیوه به جنسیت اردک‌ماهی در تالاب انزلی بود. غلظت جیوه در اردک‌ماهی نر بخش شرقی تالاب با اردک‌ماهی نر بخش غربی آن تفاوت معنی داری نداشت. هیچ‌گونه همبستگی بین اندازه، وزن و مکان زیست ماهی در تالاب انزلی با میزان جذب و تجمع جیوه در بافت‌ها وجود نداشت. اختلاف معنی داری بین غلظت جیوه در بافت‌های دو جنس نر و ماده دیده نشد ($p>0.05$) که بیان گری تأثیر بودن جنسیت در جذب جیوه در این گونه است. بین ماهی دو منطقه شرق و غرب تالاب نیز حتی با وجود تجمع عده صنایع و آلاینده‌ها در بخش شرقی تالاب، اختلاف معنی داری به لحاظ میزان تجمع جیوه مشاهده نشد($p>0.05$). مطابق نتایج به دست آمده میزان جیوه در اردک‌ماهی نر تالاب انزلی از حد توصیه شده توسط WHO/FAO و FDA می‌باشد (1 ppm یعنی از 1 ppb تا 37 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 آبزطفن و به‌تبع آن سلامت انسان را به خطر می‌اندازد (Birungi *et al.*, 2007). فلز جیوه یک نوروتوکسین است که می‌تواند باعث افزایش فشارخون، آسیب به کلیه‌ها، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، سقطجری، 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 به عنوان یک آلاینده مهم زیست‌محیطی شناخته شده که در غلظت‌های پائین می‌تواند برای میکرو-

ارگانیزم‌ها خطر بزرگی باشد (Munoz-Olivas *et al.*, 2001). مطابق نظر Boeing در سال ۱۹۹۹، اشکال آلی جیوه عموماً سمی‌تر از اشکال غی‌آلی آن برای ارگانیزم‌های زنده می‌باشد. بیش از ۷۵ درصد از جیوه تجمع یافته در بافت عضله ماهیان آب‌های شیرین به شکل ترکیبات متمیل مرکوری می‌باشد (Merian, 1992) که نشان می‌دهد جیوه آلی در مقایسه با جیوه غی‌آلی بمطور مؤثرتری از طریق جذب مستقیم از آب، رسوبات بستر و انتقال در طول زنجیره غذایی به بدن ماهی انتقال می‌یابد (Weiner and Spry, 1996). به عنوان مثال ملازده و کرباسی (۱۳۹۰) متوجه شدن 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.*, 2009; Norhasyimah *et al.*, 2011; Terra *et al.*, 2007 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 به عنوان یک منبع غنی پروتئین، مواد معدنی و اسید‌های چرب غیراشایع 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 به عنوان یک شاخص زیستی در پایش آلدگی اکوسیستم‌های دریایی استفاده می‌شود. تالاب انزلی جزء ۲۲ تالاب ملی ایران است که تحت پوشش کنوانسیون رامسر قرار دارد. این تالاب به دلیل تنوع گونه‌های جانوری شامل آبزطفن، پرنده‌گان، خزندگان، دوزیستان و پستانداران حاشیه تالاب دارای اهمیت زیادی است. همچنین تالاب انزلی و آبگوهای حاشیه آن از مهم‌ترین مناطق زمستان گذرانی بسیاری از پرنده‌گان آبزی به شمار می‌رود (منوری، ۱۳۶۹) و متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل گسترش صنایع به‌ویژه در بخش شرقی تالاب و نیز افزایش ورود پساب‌ها بهشت در حال تخریب است. مطالعات بسیاری بر روی تجمع زیستی آلینده‌ها بر روی زیستمندان پیکره‌های آبی انجام شده است. مثلاً در سال ۲۰۱۱ در مطالعه‌ای که توسط ملازده 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 شیرین است که رژیم گوشت خواری دارد و در انتهایی زنجیره غذایی قرار دارد لذا می‌تواند گونه خوبی برای بررسی تجمع زیستی و بزرگ‌نمایی آلینده‌های سمی در محظاها ای باشد (جلودزارزاده و عبدالی، ۱۳۸۳). قبل از مطالعاتی در خصوص تجمع برخی فلزات سنگین مثل سرب، مس، روی و کادمیوم در بافت‌های اردک‌ماهی توسط ابراهیمی سیریزی و همکاران (۱۳۹۱) و براماکی 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 مورد بررسی قرار گرفت. از مهم‌ترین دلایل انتخاب کبد، فعالیت متابولیک زیاد و قابلیت بالای تجمع فلزات سنگین توسط این بافت می‌باشد. زیرا بافت کبد به عنوان بافت اصلی ذخیره کننده فلزات سنگین است (ابراهیمی سیریزی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین به دلیل این که بافت عضله بخش اصلی مصرفی ماهی است این قسمت نیز به منظور بررسی فلز جیوه انتخاب گردید. اردک‌ماهی بیشتر در آب‌های ساکن و زلال با بستر شنی و دارای گیاهان آبزی فراوان و نیز در آب‌های لب‌شور دیده می‌شود. این ماهی شکارچی بوده و از لارو دوزیستان، حشرات، ماهیان، جوجه پرنده‌گان و نیز پستانداران کوچک تعذیبه می‌کند. معمولاً در قسمت‌های پائینی رودخانه‌ها، تالاب‌ها و آب‌بندان‌ها که دارای جریان آب آرام باشد به سر می‌برد (عباسی و همکاران، ۱۳۷۸، جلوه‌زارزاده و عبدالی، 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 توصیه شده 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. به منظور 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. نمونه ها در یونولیت های حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰-۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. قبل از جداسازی بافت های موردرله، طول کل و وزن هر ماهی با تخته زیست سنجی و ترازوی با دقیق ۰.۰۱ گرم اندازه گیری شد همچنین جنسیت نمونه ها در زمان برداشت بافت ها و تشریح ماهی با توجه به گناهها مشخص گردید. بافت ها پس از توزین در دمای ۶۰-۷۰ سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شدند. سپس نمونه ها به طور یکنواخت پودر شدند. از هر نمونه مقدار ۰.۰۱ گرم توسط ترازوی با دقیق ۰.۰۰۱ گرم برداشت و توزین گردید و با دستگاه اختصاصی آنالیز جیوه (Leco AMA 254) آنالیز شد. برای آنالیز آماری داده ها از نرم افزار SPSS16 استفاده گردید. میزان همبستگی بین غلظت جیوه با وزن، طول و جنسیت نمونه ها، 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 بافت ها و طول کل نیز از رسم تابع رگرسیوی استفاده شد.

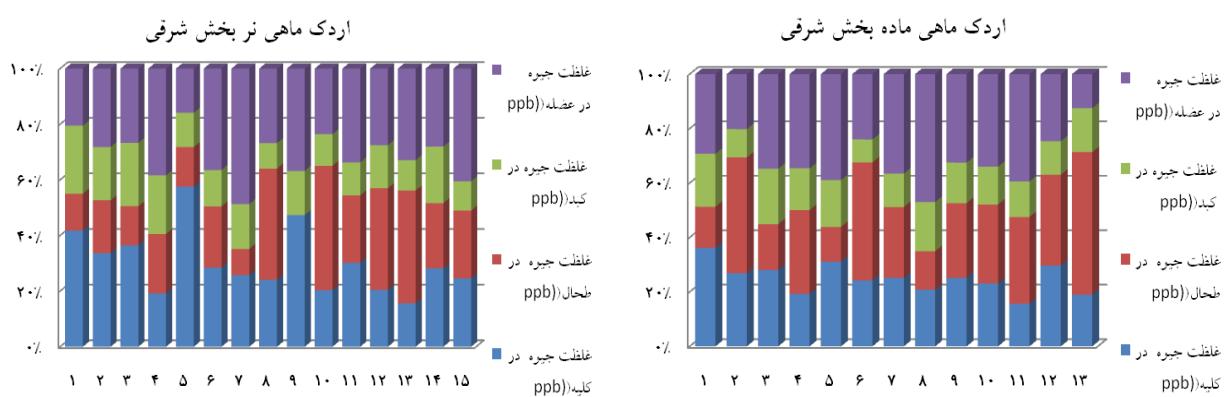
نتایج

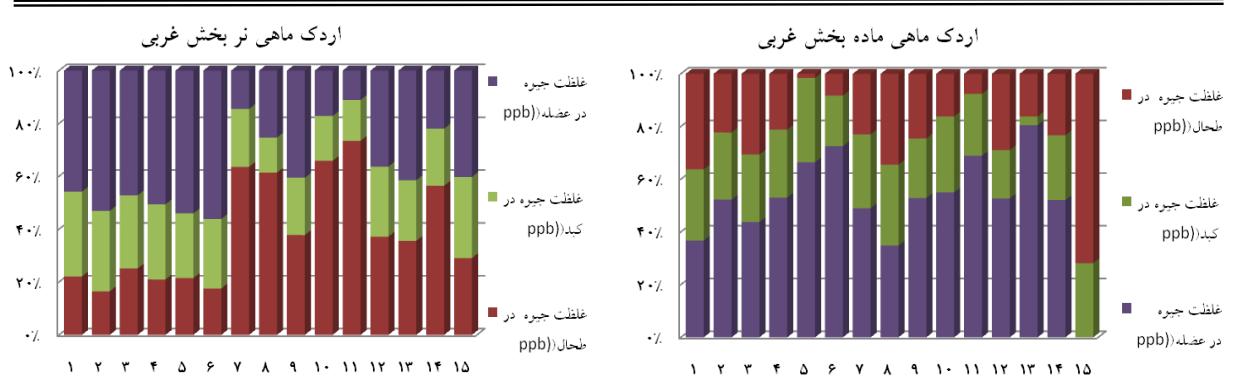
نتایج حاصل از زیست سنجی، تعیین جنسیت و آنالیز میزان جیوه در بافت های مختلف اردک ماه گلف بخش شرقی و غربی تالاب انزلي در قالب نمودارها و جداول در ذیل آورده شده است. از کل نمونه های برداشت شده ۲۸ نمونه ماده و ۳۰ نمونه نر بودند.

جدول ۱: اطلاعات زیست سنجی ماهی اردک ماهی (*Esox lucius*) برداشت شده از تالاب انزلي.

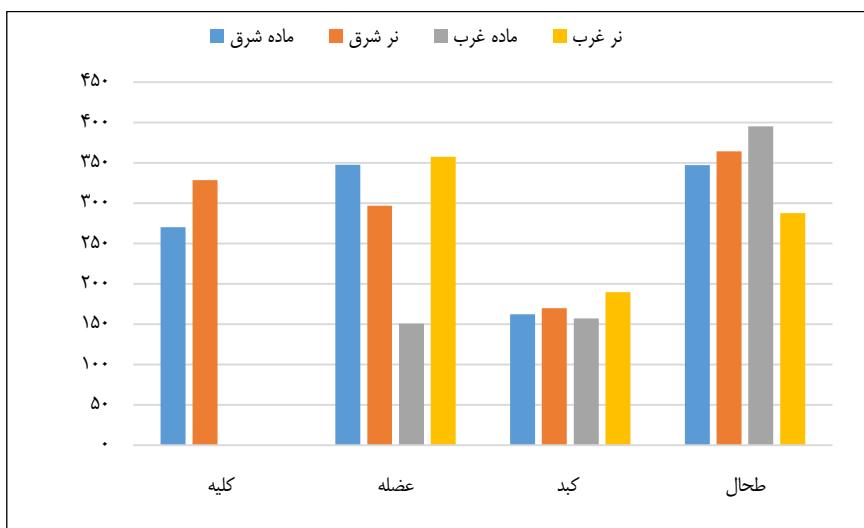
اسم گونه	جنسیت و تعداد	وزن (گرم)	طول بدن (میلی متر)
	نر = ۳۰ قطعه	۷۰۵.۹۷	۴۵۱.۰۳
اردک ماهی	ماده = ۲۸ قطعه	۵۱۴.۷۳	۴۲۱.۵۰

نتایج مقایسه ای آنالیز جیوه در ماهی های نر و ماده بخش غربی و شرقی تالاب در شکل ۱ نمایش داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده حداکثر، حداقل و میانگین غلظت جیوه در اردک ماه گلف ماده بخش شرقی تالاب انزلي به ترتیب ۱۳۹/۷۵ ppb، ۵۰۶/۴۷ ppb و ۱۳۹/۷۵ ppb در اردک ماه گلف نر بخش شرقی تالاب انزلي به ترتیب ۲۹۶/۵۰ ppb، ۱۲۳/۳۴ ppb و ۵۰۹/۸۹ ppb ماده بخش غربی تالاب انزلي به ترتیب ۲۳۸/۴۶ ppb، ۱۰۱/۶۵ ppb و ۵۲۵/۸۲ ppb در اردک ماه گلف نر بخش غربی تالاب انزلي به ترتیب ۱۲۷/۳۱ ppb، ۴۴۵/۶۸ ppb و ۲۷۷/۰۷ ppb می باشد.



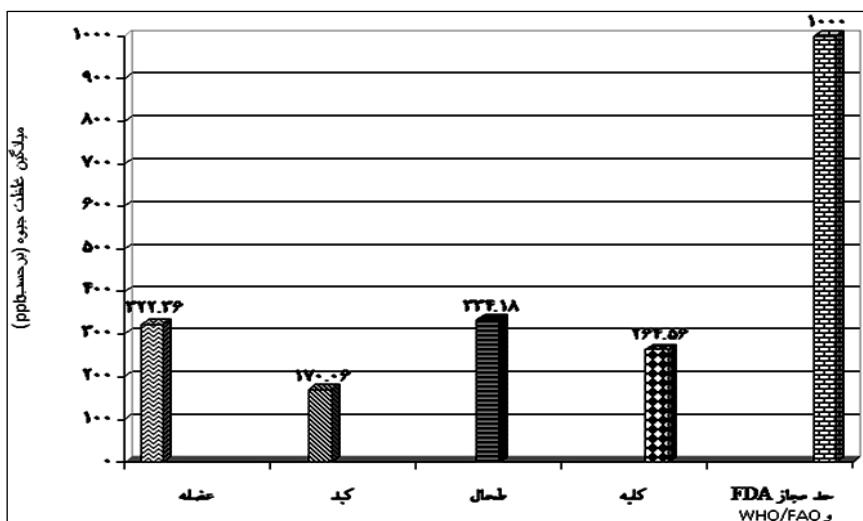


شکل ۱: مقایسه غلظت جیوه(ppb) در بافت‌های مختلف اردک‌ماهی (*Esox lucius*) به کل جیوه به تفکیک جنسیت و محل حضور در ۱۳۹۱.



شکل ۲: مقایسه میانگین غلظت جیوه(ppb) در اندام‌های مختلف اردک‌ماهی (*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 کم‌ترین میزان تجمع جیوه را نشان می‌دهد. به طور کلی میانگین غلظت جیوه در ماهی‌های نر نسبت به جنس ماده بیش‌تر است اما بین غلظت جیوه در بافت‌های نر و ماده تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

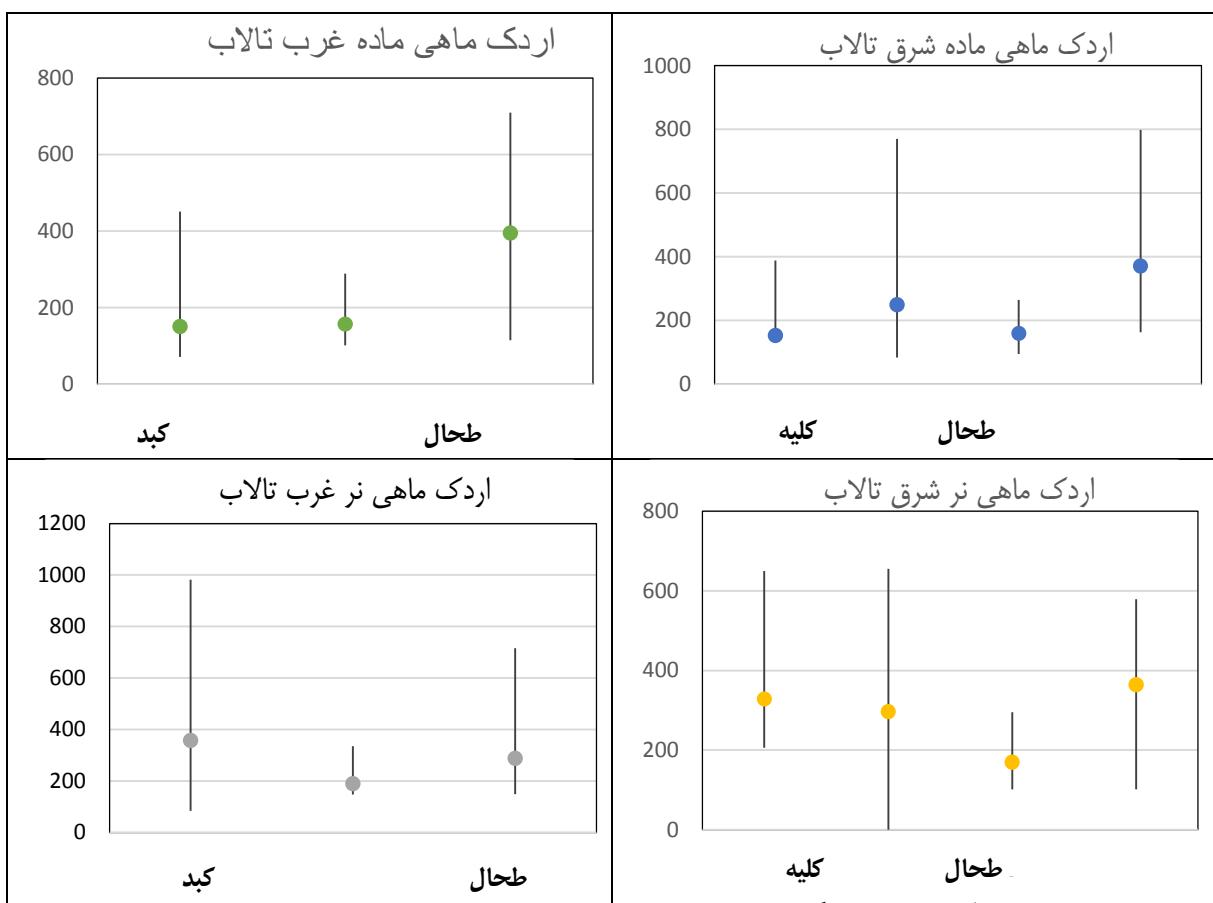


شکل ۳: مقایسه میانگین غلظت جیوه (ppb) در اندام‌های مختلف اردک‌ماهی (*Esox lucius*) تالاب انزلی (در سال ۱۳۹۱ با حد مجاز WHO/FAO و FDA).

شکل ۳ مقایسه میانگین غلظت جیوه در اندام‌های مختلف اردک‌ماهی تالاب انزلی با حد مجاز WHO/FAO و FDA را نشان می‌دهد که میانگین جیوه در کلیه بافت‌ها کمتر از مقادیر تعیین شده استاندارد یعنی ppm ۱ 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 ۲۷۶/۱۶	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 به دست آمده (جدول شماره ۲ و شکل ۴) بیشترین و کمترین میانگین غلظت جیوه در اردک‌ماهی ماده بخش شرقی و اردک‌ماهی ماده بخش غربی به ترتیب در طحال و کبد مشاهده شد. به طور کلی میانگین میزان جیوه در جنس نر بیشتر از جنس ماده بود.

بحث و نتیجه گیری

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) و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که بافت هدف فلزات سنگین عمدهاً بافت‌هایی با متabolیک 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 که کبد کمترین غلظت جیوه را در خود جذب نموده و کمترین تجمع جیوه را را در این را در را 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 انجام شده توسط Jewett و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده گردید که تراکم جیوه در عضله اردک‌ماهی‌های موربدبررسی بیشتر از تراکم آن در کبد بود. اما نتایج تحقیقات Sager در سال ۲۰۰۳، میان آن است که در برخی از گونه‌های ماهیان آبهای شیرین غلظت جیوه در کبد از

عقله بیشتر است که این مسئله می‌تواند وابسته به نوع گونه، نحوه زیست، رژیم غذایی و جایگاه گونه در زنجیره غذایی و اکوسیستم باشد.

طابق شکل ۳ مشاهده می‌گردد میانگین غلظت جیوه در اندام های مختلف اردک‌ماه‌ملف تالاب انزلی از حد مجاز FDA و WHO/FAO کمتر می‌باشد 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 نمی‌تواند ایجاد نگرانی نماید اما به طور کلی با توجه به قابلیت نسبتاً بالای جذب و تجمع جیوه در عضله اردک‌ماه‌ملف و خوراکی بودن آن توصیه می‌گردد که حدود مصرف آن رعایت گردد. طابق دستورالعمل EPA در مورد حد مجاز مصرف ماهانه ماهی (۱ ppm)، تعداد وعده‌های غذایی مجاز این ماهی در ماه، با غلظت ppm ۰/۳۲-۰/۲۴، ۲ بار خواهد بود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). با توجه به نتایج حاصله، غلظت جیوه در اردک‌ماه‌ملف با جنسیت و سن ارتباط معنی‌دار ندارد. نتایج مربوط به همبستگی و معنی‌دار بودن ارتباط غلظت جیوه در اردک‌ماه‌ملف با طول، وزن و سن نیز نتایج فوق را تأیید می‌نماید. در مطالعه‌ای که توسط ابراهیمی سیریزی و همکاران در سال ۱۳۹۱ بر روی اردک‌ماه‌ی تالاب انزلی انجام شده بود، آنالیز داده‌ها نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین غلظت فلزات سرب، مس و روی با طول و وزن ماهی‌ها وجود ندارد. انصاری و همکاران در سال ۲۰۰۶ ارتباط معنی‌داری بین اندازه بدن یک گونه ماهی بومی آبگاه‌های پاکستان با میزان برخی فلزات سنگین پیدا کردند. در سال ۲۰۰۲ آقای Jewett و همکاران در تحقیق خود نشان دادند که هیچ تفاوت معنی‌داری در میزان تراکم جیوه بین اردک‌ماهی‌های نر بلعده وجود ندارد و از طرفی تراکم جیوه در ماهی با افزایش سن ماهی و افزایش اندازه بدن ماهی، افزایش می‌یابد. هم‌چنین تراکم بالای جیوه در بافت‌های ماهی اساساً یک کارکرد مرتبط با اندازه است تا با جنس و به نظر نمی‌رسد 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 می‌دهد که در برخی از گونه‌های ماهی، نرها مقادیر جیوه بیش تر از ماده‌های هم سن خود نشان می‌دهند که چنین نتایج در پژوهش حاضر نیز مشاهده گردید. با وجود تجمع صنایع در بخش شرقی تالاب و ورود پساب آن‌ها به این بخش، بین میانگین غلظت جیوه در اردک‌ماه‌ملف ماده و نر بخش شرقی تالاب با بخش غربی آن تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد ($p < 0.05$). این عدم تفاوت می‌تواند میان تحرک زیاد این ماهی باشد و از آنچاکه ماهی به تنها بیان نمی‌تواند ملاک خوبی برای تعیین میزان آلوگی در یک منطقه باشد. برای اثبات این موضوع باید غلظت جیوه در موجودات دیگر بمویژه بتوزوها و نیز در رسوب تالاب اندازه‌گیری شود. بواسطه این پژوهش غلظت جیوه در بافت‌های هدف این مطالعه با طول، جنسیت اردک‌ماهی و مکان زیست آن‌ها همبستگی معنی‌داری ندارد ($R^2 < 0.1$). در مطالعات مشابهی که توسط Jewett و همکاران در سال ۲۰۰۲ انجام شد نیز همبستگی معنی‌داری بین غلظت جیوه در ماهیان موردررسی با طول بدن ماهی مشاهده نشد. برخلاف نتایج این پژوهش و پژوهش Jewett و همکارانش در سال ۲۰۰۲، آقایان Francesconi و Lenanton (۱۹۹۲) و Post و Wiener (۱۹۹۶) و Spry (۱۹۹۶) نشان دادند که تراکم جیوه در ماهی با سن ماهی می‌تواند رابطه داشته باشد و همبستگی بی ثبات تراکم جیوه با طول و وزن ماهی که در برخی پژوهش‌ها دیده شده ممکن است انعکاس نمونه‌برداری از سایتهاي با کمترین میزان آلوگی باشد. به طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش میزان تجمع جیوه در بافت عضله اردک‌ماهی برخلاف بسیاری از ماهیان آب شیرین بیش تر از تجمع آن در کبد و سایر اندام‌های حیاتی است و هیچ ارتباط معنی‌داری بین طول بدن و جنسیت ماهی با جذب و تجمع جیوه در بافت‌های 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 فاضلاب‌ها هر روز به این بخش وارد می‌شود، اما بین ماهی‌های بخش شرقی و غربی به لحاظ تجمع جیوه هیچ اختلاف معنی‌داری دیده نشد که این مسئله می‌تواند به دلیل اختلاط آب، ترسیب آلینده‌ها در بستر تالاب و نیز تحرک و جابجایی اردک‌ماهی و سایر آبزطفی‌ها که اردک‌ماهی از آن‌ها تقذیه می‌کند بین دو بخش غربی و شرقی تالاب باشد. طبق نتایج حاصل از این پژوهش طحال می‌تواند بخش قابل توجهی از جیوه را در خود اینباشته نماید که از آنجایی که این بافت خوراکی نیست ریسکی برای سلامتی و ممانعتی برای مصرف این ماهی ایجاد نمی‌کند. طابق نتایج میزان حاصله جیوه در اردک‌ماه‌ملف تالاب انزلی از حد توصیه شده توسط WHO/FAO و FDA (۱ ppm) کمتر بود که با توجه به غلظت متوسط جیوه در عضله اردک‌ماهی (ppb) (۳۷/۳۲) در تالاب انزلی در حد ۲ بار در ماه خطری برای سلامتی ندارد و مجاز می‌باشد.

منابع

- ابراهیمی سیریزی، ز.، ساکیزاده، 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، ابیاشتگی و ارزیابی خطرات، مجله علوم پزشکی دانشگاه مازندران، جلد ۲۲، شماره ۸۷، صفحات ۵۷-۶۳.
- اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست، چاپ اول، انتشارات نقش مهر، ۷۶۸ ص.
- برامکی یزدی، ر.، ابراهیم پور، م.، پور خباز، ع. و بابایی، م.، ۱۳۸۹. تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان (سوف و اردک ماهی) تالاب انزلی، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران، ایران، ۲۸۰ ص.
- عباسی، ک.، ولی پور، ع.، طالبی حقیق، د.، نظامی بلوجی، ش. و سرینا، 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 شامیگوی آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) رودخانه چاف‌رود استان گیلان، پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران، ایران، ۱۸۰ ص.
- منوری، م.، ۱۳۶۹. بررسی اکولوژیک تالاب انزلی، چاپ اول، نشر گیلان، ۱۰۵ ص.
- نادری جلودار، م. و عبدالی، 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 embayment: organic mercury content of biota, and factors influencing mercury levels in fish. Environ. Res. 33:189-212.
- 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 Specciar, 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 methyl mercury 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(IPCBEE), Shanghi, 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 Hasimah, 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., Vandebos, 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.

