

بررسی همبستگی میزان کروم، روی و مس با طول، وزن، سن و جنسیت در ماهیچه ماهی سفید (*Rutilus kutum*) صیدشده از شمال و جنوب تالاب انزلی

چکیده

بعضی از عناصر سنگین مانند مس و روی برای متابولیسم ماهی و انسان ضروری هستند، درحالی که غلظت بیش از حد فلزات سنگین اکوسیستم را مختل می کند، زیرا برخی از این موارد باعث تخریب بالقوه محیط زیست موجودات زنده می شوند. ماهی ها عمده ساکنان این محیط ها هستند که می توانند تحت تأثیر آلاینده های سمی قرار بگیرند. ورود این آلاینده ها به ماهی و انتقال به انسان می تواند بیماری های متعددی را برای انسان ایجاد کند. ماهی سفید از جمله ماهیان بازارپسند و ممتاز شیلاتی محسوب می شود که بررسی میزان فلزات سنگین آن از نظر میزان سلامت و همچنین غذای جامعه اهمیت دارد. این تحقیق باهدف بررسی میزان تجمع فلزات سنگین کروم، روی و مس در بافت عضلانی ماهی سفید تالاب انزلی، بررسی همبستگی این عناصر با طول و وزن ماهی و مقایسه غلظت این فلزات با استاندارد FAO انجام شد. برای اجرای این تحقیق تعداد ۳۰ قطعه ماهی سفید از هر یک از مناطق شمال (انزلی) و جنوب (صومعه سرا) تالاب انزلی در فصل زمستان سال ۱۳۹۶ صید شد. میزان تجمع عناصر سنگین در بافت خوراکی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری اتمی شعله ای اندازه گیری شد. میانگین وزن نمونه ها در مناطق شمال و جنوب تالاب ۴۶۸ - ۴۶۰ گرم و میانگین طول ۳۲/۴۰ - ۳۱ سانتی متر بود. میانگین روی در ماهی سفید مناطق شمال (۱۱/۳۲) و جنوب تالاب (۱۳/۶۱) میکروگرم/گرم اختلاف معنی دار داشتند ($P < 0.05$)؛ اما میانگین کروم در مناطق شمال و جنوب (۰/۰۰) میکروگرم/گرم و مس در مناطق شمال (۲/۴۷) و جنوب (۳/۶۶) میکروگرم/گرم تالاب اختلاف معنی دار نداشتند ($P > 0.05$). میانگین روی و مس در مقایسه با استاندارد جهانی (FAO) به طور معنی داری کمتر بود ($P < 0.05$). در این مناطق تجمع روی از مس و کروم و تجمع مس از کروم در ماهیچه خوراکی ماهی سفید تالاب انزلی بیشتر بود. فلزات مورد مطالعه در بافت خوراکی نمونه های صیدشده از مناطق شمال و جنوب تالاب تفاوت معنی دار نشان ندادند ($P > 0.05$). بر اساس نتایج اندازه گیری کروم ارتباط این فلز با طول و وزن قابل بررسی نبود. در بافت خوراکی ماهی سفید صیدشده از مناطق شمال و جنوب تالاب، طول و جنسیت با فلزات روی و مس همبستگی منفی داشتند. در منطقه جنوب تالاب همبستگی مثبت بین وزن و غلظت فلز مس اتفاق افتاد. در منطقه شمال تالاب همبستگی بین سن با فلز مس در ماهی مورد مطالعه منفی بود. همچنین تفاوت معنی دار در همبستگی مشاهده نشد ($P > 0.05$). بین تجمع فلزات کروم، روی و مس با جنسیت ارتباط وجود نداشت. با توجه به این که حد مجاز کروم، روی و مس توسط غذا و دارو ۰، ۵۰ و ۲۰ میکروگرم/گرم اعلام شده است، بنابراین از نظر بهداشت مواد غذایی ماهی سفید صیدشده از مناطق شمال و جنوب تالاب انزلی از نظر میزان تجمع روی، مس و کروم برای مصارف انسانی مناسب بوده و فاقد عوارض جانبی برای انسان است.

واژگان کلیدی: تالاب انزلی، فلزات سنگین، طول ماهی، ماهی سفید، وزن ماهی، سن ماهی.

مقدمه

ماهی سفید از جمله ماهیان بازارپسند و ممتاز شیلاتی محسوب می شود که بررسی آلودگی های آن از نظر سلامت غذای جامعه اهمیت دارد. پروتئین حیوانی به ویژه ماهی به دلیل داشتن اسیدهای آمینه لازم و عوامل محرک رشد اثر مهمی در ترمیم بافت ها و سلامتی و شادابی انسان و

مینا سیف زاده^{۱*}

۱. پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، انزلی، ایران

*مسئول مکاتبات:

m_seifzadeh_ld@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۲۰۸۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۹

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.



به طور کلی رشد بدن دارد و کمبود این پروتئین سبب عدم تعادل دستگاه عصبی گشته و عقب ماندگی فکری و رنجوری و ضعف جسمانی را در انسان پدید می آورد و مقاومت بدن را در برابر بیماری های عفونی کاهش می دهد (Agbozu and Ekweozor, 2001)؛ اما علیرغم دارا بودن ارزش غذایی و نیاز بدن به آبریان چنانچه تجمع فلزات سنگین از حد مجاز فراتر باشد خود می تواند سبب ابتلا به بیماری و ایجاد مشکل برای انسان شود و بنابراین تحقیقات در زمینه بهداشت و سلامت آبریان اهمیت ویژه ای را به خود اختصاص داده است. آلودگی مواد غذایی از جمله ماهیان به فلزات سنگین می تواند منجر به تجمع زیستی این عناصر در بدن مصرف کنندگان و بروز برخی از بیماری ها گردد. وجود این ترکیبات از حیث بهداشت و سلامت مواد غذایی برای سلامت انسان مضر بوده و وجود آن مجاز نمی باشد. بر این اساس و با توجه به اهمیت و جایگاه ماهیان در هرم غذایی جوامع بشری، کنترل کیفیت آن ها در حفظ سلامتی مصرف کنندگان بسیار مهم می باشد (سیف زاده و همکاران، ۱۳۹۷).

آلاینده های غیر قابل تجزیه نظیر ترکیبات و نمک های فلزات سنگین در محیط، تجمع می یابند. تجمع مواد سمی در زنجیره غذایی، ممکن است باعث افزایش غلظت آن ها در جانوران سطوح بالاتر زنجیره غذایی، شود. تجمع و نقش بیولوژیکی فلزات سنگین، در جانوران دریایی می تواند سبب به خطر افتادن سلامتی انسان در اثر این فلزات شود. این فلزات زمانی که به وسیله انسان مصرف می شوند، اغلب اثرات قوی و زیان آوری را دارند. فلزات سنگین از آلاینده های زیست محیطی هستند که مواجه انسان با بعضی از آن ها نظیر کروم، روی و مس از طریق آبریان می تواند مسمومیت های مزمن و خطرناکی را ایجاد نماید (سیف زاده و همکاران، ۱۳۹۷).

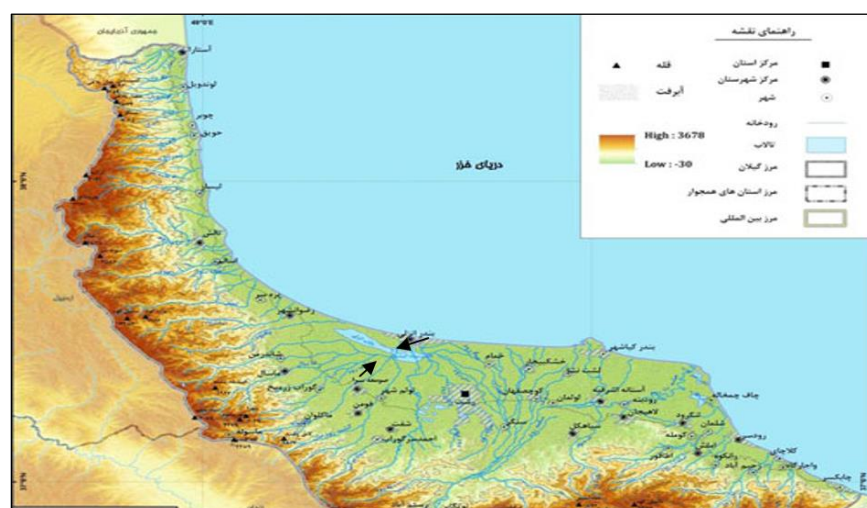
تالاب انزلی از تالاب های طبیعی و آب شیرین محسوب شده که محل تخم ریزی بسیاری از ماهیان به شمار می رود. ۱۱ رود اصلی و ۳۰ رود فرعی به همراه سایر جریان ها به آن وارد می شوند. تالاب انزلی با وسعت ۲۲۰ کیلومتر مربع در غرب انزلی قرار گرفته است. این تالاب یکی از اکوسیستم های دارای اهمیت در ایران است که به علت برنامه های توسعه صنعتی و کشاورزی از منابع آلاینده متددی تأثیر می پذیرد. آلودگی به فلزات سنگین یکی از مهم ترین مسائلی است که تالاب انزلی با آن روبروست (احمدنیا، ۱۳۸۷). غضبان و زارع خوش اقبال (۱۳۹۰) یافتند که غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی بالاتر از غلظت آلودگی به این فلزات در دریای خزر است. نتایج تحقیق غضبان و زارع خوش اقبال نشان داد که عنصر روی در تمام بخش ها و عناصر مس، بیسموت، کادمیوم و نیکل در بیشتر بخش های تالاب دارای غنی شدگی ضعیف هستند. جمشیدی-زنجانی و سعیدی (۱۳۹۲) یافتند که رسوبات تالاب انزلی به فلزات کادمیوم، سرب و کروم آلوده است. این محققین وضعیت آلودگی متوسط و ریسک اکولوژیکی بالا در مناطق شرقی و جنوب شرقی تالاب انزلی را بیان کردند. همچنین تأثیر زیاد منابع انسان ساخت در مقادیر فلزات مس، روی، کروم، سرب و نیکل را تأیید کردند. وصالی ناصح (۱۳۹۶) نشان داد وضعیت فعلی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب در حد بحرانی نیست اما با در نظر گرفتن حجم بالای فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی ورودی به تالاب و تأثیر پذیری میزان عناصر سنگین در آب و رسوبات از یکدیگر و همچنین نرخ بالای رسوب گذاری در تالاب، نقش فعالیت های انسانی در وضعیت آینده تالاب نگران کننده است. الصاق (۱۳۸۹) غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم را در عضله خوراکی ماهی سفید صید شده از جنوب مرکزی دریای خزر بالاتر از حد استاندارد اعلام کردند. خانی پور و همکاران (۱۳۹۶) غلظت فلزات سنگین کروم و مس را در بافت خوراکی ماهی کاراس صید شده از تالاب انزلی را پایین تر از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان های بین المللی اعلام کردند.

در محیط های آبی قسمت اعظم فلزات سنگین از مس و روی تشکیل شده است. برای بدن انسان روی از عناصر ضروری محسوب می شود، اما مصرف مقادیر بیش از حد آن سبب علائمی مانند تهوع، سردرد، از دست دادن آب بدن، درد در ناحیه شکم، استفراغ و سرگیجه در انسان می شود. غذاهای دریایی شامل کروم اندکی هستند، ولی افزایش مقدار این فلز در مواد غذایی و بالطبع در بدن انسان یکی از عوامل ایجاد کننده دیابت است (Kumar and Mukherjee, 2011). ماهی سفید از جمله ماهیان اقتصادی تالاب انزلی بوده و علاوه بر تازه خوری هم اکنون به اشکال مختلف مانند شور، دودی و خشک در بازار موجود است. با توجه به تنوع فرآورده های قابل مصرف انسانی از این ماهی، می توان گفت که ماهی سفید می تواند به عنوان یکی از مهم ترین آبریان انتقال دهنده فلزات سنگین به انسان مطرح باشد. با توجه به تأثیر این فلزات بر سلامت انسان و بیماری های ناشی از مصرف و تجمع فلزات سنگین و اهمیت ماهی سفید در برنامه غذایی ساکنین نواحی ساحلی و غیر ساحلی کنترل میزان آلودگی و بررسی

وجود فلزات سنگین کروم، روی و مس در عضله خوراکی ماهی سفید تالاب انزلی ضروری به نظر می‌رسد. فلزات سنگین جزء آلاینده‌های بسیار پایداری هستند و معمولاً به زمان طولانی برای تجزیه نیاز دارند. این مواد سمی با تجمع در بدن آبزیان، می‌توانند موجب بروز مسمومیت مصرف‌کنندگان جانوران آلوده به این فلزات شوند. این تحقیق باهدف بررسی میزان تجمع فلزات سنگین کروم، روی و مس در بافت عضلانی ماهی سفید تالاب انزلی، بررسی همبستگی این عناصر با طول و وزن ماهی و مقایسه غلظت این فلزات با استاندارد FAO انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از ماهی سفید در دو ناحیه شمال (انزلی) و جنوب (صومعه‌سرا) تالاب بین‌المللی انزلی در زمستان سال ۱۳۹۶ انجام شد (شکل ۱). تعداد ۳۰ عدد ماهی سفید از هر منطقه صید شد. نمونه‌برداری در وزن ۵۰۰-۴۰۰ گرم انجام شد.



شکل ۱: تالاب بین‌المللی انزلی.

قبل از فیله کردن ماهیان نمونه‌برداری شده بیومتری شدند. برای اندازه‌گیری وزن از ترازو با دقت ۱ گرم و برای ماهیان زیر ۱۰۰ گرم از ترازوی با دقت ۰/۱ گرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری طول از کولیس یا خط کش با دقت ۱ میلی‌متر و برای ماهیان زیر ۱۰۰ گرم از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد (Biswas, 1993).

برای آماده‌سازی نمونه ماهیان پوست‌گیری شدند و استخوان‌ها جداسازی شد. گوشت بدون استخوان ماهی سفید جهت انجام آنالیز فلزات سنگین کروم، روی و مس جمع‌آوری شد. هضم شیمیایی بافت جداسازی شده به روش هضم تر و با استفاده از اسیدهای نیتریک و پرکلریک انجام گرفت. گوشت میکس شده ماهیان به‌طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کروم، روی و مس در نمونه‌های ماهی سفید گوشت ماهی چرخ شده و بعد از همگن‌سازی مقدار ۲۰ گرم از گوشت در فویل‌های آلومینیومی پیچانده شد. برای خشک کردن نمونه از هیتر و دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس استفاده شد. خاکستر سازی نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از کوره الکتریکی و دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۸ ساعت انجام شد. سپس مقدار ۵۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک شش مولار به نمونه افزوده شد. به‌طوری‌که تمام محتویات خاکستر داخل کروزه به اسید آغشته گردید. کروزه در بن ماری تا تبخیر اسید اضافه‌شده قرار داده شد. سپس سی میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۱ مولار به نمونه افزوده شد. به‌طوری‌که نمونه کاملاً با اسید پوشانده شد. جهت انحلال بهتر نمونه و اسید کروزه در بن ماری جوش به مدت پانزده دقیقه گذاشته

شد. پس از این مرحله، کروزه حاوی نمونه با فویل آلومینیومی پوشانده شده و به مدت ۲ ساعت در فضای آزمایشگاه قرار داده شد. سپس محتویات داخل کروزه با استفاده از یک میله شیشه‌ای مخلوط شد. نمونه خنک شده با استفاده از کاغذ صافی صاف گردید. نمونه به بالن حجمی انتقال داده شد و تا خط نشانه با آب دو بار تقطیر بدون یون پر شد. سپس جهت همگن شدن محتویات داخل بالن، بالن به خوبی تکان داده شد. سپس برای اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین بر اساس وزن خشک نمونه‌ها از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی با تکنیک شعله مدل AA/7000 ساخت شرکت شیمادزو (Shimadzu) ژاپن در حد ppm استفاده شد (استاندارد ملی ایران شماره ۹۲۶۶، ۱۳۸۶، AOAC Official Method 937.07، 2000). از غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم/گرم محلول استاندارد غلظت‌های مختلف تهیه شد (جهت رسم منحنی کالیبراسیون). کلیه مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده گردید. برای مقایسه غلظت آلاینده‌ها با استانداردهای ملی و بین‌المللی از آزمون Independent Sample t-test استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیولوژیکی شامل طول و وزن و سن با میزان تجمع فلزات سنگین از آزمون همبستگی پیرسون و برای بررسی ارتباط بین جنسیت با مقادیر فلزات از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. تمامی آنالیزهای آماری این تحقیق با استفاده از SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. جهت مقایسه میانگین تجمع فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهی سفید از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

بر اساس آزمون Shapiro-Wilk و در نظر گرفتن فاکتورهای طول، وزن، سن و جنسیت، نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین روی و مس در عضله خوراکی ماهی سفید صیدشده از منطقه شمال تالاب در محدوده نرمال بودند. بر اساس جدول ۱ از حیث وزن و طول بین نمونه‌های صیدشده از منطقه شمال تالاب اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0.05$). بر اساس جدول ۱ فلزات کروم، روی و مس در نمونه‌های صیدشده از منطقه شمال تالاب تفاوت معنی‌دار نشان ندادند ($P > 0.05$). فلزات مورد مطالعه بر اساس استاندارد FAO در محدوده مجاز می‌باشند. در منطقه شمال تالاب تجمع فلز روی در مقایسه با فلزات مس و کروم و مس در مقایسه با کروم افزایش معنی‌دار داشت ($P < 0.05$).

جدول ۱: نتایج زیست‌سنجی فلزات سنگین کروم، روی و مس (میکروگرم/گرم) در بافت خوراکی ماهی سفید (*Rutilus kutum*) صیدشده از منطقه شمال (انزلی) تالاب انزلی (زمستان ۱۳۹۶).

شاخص ردیف	وزن (گرم)	طول کل (سانتی‌متر)	جنسیت	سن (ماه)	کروم (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	روی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	مس (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
۱	۴۹۶	۳۳	ماده	۲۴	$0.00 \pm 0.02a$	$12.15 \pm 0.38a$	$2.75 \pm 0.99a$
۲	۴۵۹	۳۲	نر	۲۴	$0.00 \pm 0.05a$	$11.42 \pm 0.41a$	$2.16 \pm 0.74a$
۳	۴۹۸	۳۴	ماده	۲۳	$0.00 \pm 0.04a$	$12.18 \pm 0.53a$	$2.86 \pm 0.26a$
۴	۴۳۶	۳۲	ماده	۲۴	$0.00 \pm 0.06a$	$10.39 \pm 0.79a$	$2.15 \pm 0.19a$
۵	۴۸۹	۳۱	نر	۲۴	$0.00 \pm 0.09a$	$11.49 \pm 0.42a$	$2.71 \pm 0.28a$
۶	۴۶۲	۳۱	ماده	۲۲	$0.00 \pm 0.07a$	$11.58 \pm 0.99a$	$2.43 \pm 0.89a$
۷	۴۵۸	۳۲	نر	۲۴	$0.00 \pm 0.1a$	$11.75 \pm 0.86a$	$2.35 \pm 0.78a$

شاخص ردیف	وزن (گرم)	طول کل (سانتی متر)	جنسیت	سن (ماه)	کروم (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	روی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	مس (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
۸	۴۷۲	۳۲	ماده	۲۱	$0.00 \pm 0.05a$	$11/81 \pm 0.96a$	$2/24 \pm 0.41a$
۹	۴۶۳	۳۲	نر	۲۴	$0.00 \pm 0.08a$	$11/96 \pm 0.89a$	$2/16 \pm 0.95a$
۱۰	۴۸۸	۳۲	نر	۲۴	$0.00 \pm 0.04a$	$11/41 \pm 0.37a$	$2/66 \pm 0.99a$
۱۱	۵۰۰	۳۲	ماده	۲۰	$0.00 \pm 0.07a$	$12/39 \pm 0.36a$	$2/95 \pm 0.86a$
۱۲	۵۰۰	۳۲	ماده	۲۳	$0.00 \pm 0.06a$	$12/31 \pm 0.41a$	$2/89 \pm 0.87a$
۱۳	۵۰۰	۳۳	نر	۲۳	$0.00 \pm 0.02a$	$12/28 \pm 0.59a$	$2/91 \pm 0.57a$
۱۴	۴۵۴	۳۰	نر	۲۲	$0.00 \pm 0.05a$	$11/32 \pm 0.74a$	$2/31 \pm 0.73a$
۱۵	۴۸۲	۳۲	ماده	۲۱	$0.00 \pm 0.03a$	$11/51 \pm 0.66a$	$3/84 \pm 0.79a$
۱۶	۴۸۰	۳۲	نر	۲۱	$0.00 \pm 0.01a$	$11/97 \pm 0.54a$	$2/81 \pm 0.92a$
۱۷	۴۶۵	۳۱	نر	۲۰	$0.00 \pm 0.08a$	$11/24 \pm 0.72a$	$2/75 \pm 0.89a$
۱۸	۴۰۰	۲۸	ماده	۲۰	$0.00 \pm 0.07a$	$10/93 \pm 0.71a$	$1/79 \pm 0.75a$
۱۹	۴۴۶	۳۰	ماده	۲۴	$0.00 \pm 0.06a$	$11/14 \pm 0.85a$	$2/47 \pm 0.64a$
۲۰	۴۴۵	۲۹	نر	۲۳	$0.00 \pm 0.04a$	$12/26 \pm 0.68a$	$2/38 \pm 0.52a$
۲۱	۴۰۰	۳۰	ماده	۲۴	$0.00 \pm 0.05a$	$10/17 \pm 0.47a$	$1/69 \pm 0.43a$
۲۲	۴۳۵	۲۹	نر	۲۰	$0.00 \pm 0.09a$	$10/39 \pm 0.52a$	$2/11 \pm 0.39a$
۲۳	۴۴۵	۳۱	نر	۲۰	$0.00 \pm 0.06a$	$10/96 \pm 0.75a$	$2/15 \pm 0.51a$
۲۴	۴۲۰	۲۹	نر	۲۱	$0.00 \pm 0.08a$	$10/31 \pm 0.89a$	$1/93 \pm 0.36a$
۲۵	۴۵۰	۳۰	ماده	۲۱	$0.00 \pm 0.07a$	$11/45 \pm 0.55a$	$2/19 \pm 0.42a$
۲۶	۴۲۰	۲۹	نر	۲۲	$0.00 \pm 0.01a$	$10/14 \pm 0.94a$	$1/99 \pm 0.54a$
۲۷	۴۳۰	۲۸	نر	۲۴	$0.00 \pm 0.02a$	$10/64 \pm 0.49a$	$1/98 \pm 0.85a$
۲۸	۴۵۰	۳۲	ماده	۲۳	$0.00 \pm 0.04a$	$10/97 \pm 0.77a$	$2/18 \pm 0.93a$
۲۹	۴۹۵	۲۹	ماده	۲۴	$0.00 \pm 0.03a$	$11/84 \pm 0.83a$	$2/92 \pm 0.99a$
۳۰	۴۷۵	۳۱	نر	۲۴	$0.00 \pm 0.08a$	$11/16 \pm 0.95a$	$2/57 \pm 0.97a$
							FAO (1983)
							۲۰ ۵۰ .

حروف مشابه نشانه عدم وجود تفاوت معنی دار هست ($P > 0.05$).

بر اساس آزمون Shapiro-Wilk و در نظر گرفتن فاکتورهای طول، وزن، سن و جنسیت، نتایج به دست آمده از اندازه گیری مقادیر فلزات سنگین روی و مس در عضله خوراکی ماهی سفید صید شده از منطقه جنوب تالاب در محدوده نرمال بودند.

بر اساس جدول ۲ از حیث وزن و طول بین نمونه های صید شده از منطقه جنوب تالاب اختلاف معنی دار مشاهده شد ($P < 0.05$).

فلزات کروم، مس و روی در نمونه های صید شده از منطقه جنوب تالاب تفاوت معنی دار نشان ندادند ($P > 0.05$). بر اساس استاندارد FAO فلزات مورد مطالعه در محدوده مجاز می باشند. در منطقه جنوب تالاب تجمع فلز روی در مقایسه با فلزات مس و کروم و همچنین تجمع فلز مس در مقایسه با کروم افزایش معنی دار داشت ($P > 0.05$).

جدول ۲: نتایج زیست‌سنجی فلزات سنگین کروم، روی و مس (میکروگرم/گرم) در بافت خوراکی ماهی سفید (*Rutilus kutum*) صیدشده از منطقه جنوب (صومعه‌سرا) تالاب انزلی (زمستان ۱۳۹۶).

ردیف	شاخص	وزن (گرم)	طول کل (سانتی‌متر)	جنسیت	سن (ماه)	کروم (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	روی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	مس (میکروگرم بر گرم وزن خشک)
۱		۴۸۰	۳۱/۵	نر	۲۲	۰/۰۰ ± ۰/۰۱ a	۱۳/۹۵ ± ۰/۴۱ a	۳/۹۱ ± ۰/۲۷ a
۲		۴۶۵	۳۱	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۳ a	۱۳/۶۵ ± ۰/۳۹ a	۳/۳۹ ± ۰/۲۹ a
۳		۴۰۰	۲۸	ماده	۲۳	۰/۰۰ ± ۰/۰۵ a	۱۳/۱۶ ± ۰/۵۶ a	۳/۳۱ ± ۰/۴۴ a
۴		۴۴۶	۳۰/۵	ماده	۲۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۴ a	۱۳/۶۹ ± ۰/۷۶ a	۳/۴۵ ± ۰/۵۸ a
۵		۴۴۵	۲۸/۸	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۲ a	۱۳/۵۷ ± ۰/۹۸ a	۳/۹۷ ± ۰/۵۹ a
۶		۴۰۰	۲۹/۵	ماده	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۸ a	۱۳/۴۹ ± ۰/۹۹ a	۳/۳۵ ± ۰/۶۳ a
۷		۴۳۵	۲۹/۳	نر	۲۳	۰/۰۰ ± ۰/۰۹ a	۱۳/۱۸ ± ۰/۹۱ a	۳/۷۵ ± ۰/۳۱ a
۸		۴۴۵	۳۰/۵	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۵ a	۱۳/۳۹ ± ۰/۸۹ a	۳/۲۹ ± ۰/۲۶ a
۹		۴۲۰	۲۸/۵	نر	۲۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۳ a	۱۳/۶۷ ± ۰/۸۷ a	۳/۴۸ ± ۰/۹۴ a
۱۰		۴۵۰	۳۰	ماده	۲۳	۰/۰۰ ± ۰/۰۸ a	۱۳/۹۱ ± ۰/۴۴ a	۳/۹۷ ± ۰/۸۳ a
۱۱		۴۲۰	۲۹	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۶ a	۱۳/۶۵ ± ۰/۸۹ a	۳/۶۹ ± ۰/۸۷ a
۱۲		۴۳۰	۲۸	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۴ a	۱۳/۳۱ ± ۰/۹۷ a	۳/۷۱ ± ۰/۳۴ a
۱۳		۴۵۰	۳۱/۵	ماده	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۹ a	۱۳/۵۹ ± ۰/۶۹ a	۳/۹۷ ± ۰/۹۳ a
۱۴		۴۹۵	۲۸/۸	ماده	۲۳	۰/۰۰ ± ۰/۰۷ a	۱۳/۹۶ ± ۰/۷۱ a	۳/۸۹ ± ۰/۹۱ a
۱۵		۴۷۵	۳۱/۲	نر	۲۳	۰/۰۰ ± ۰/۰۵ a	۱۳/۶۹ ± ۰/۴۹ a	۳/۷۹ ± ۰/۸۹ a
۱۶		۴۹۵	۳۵	ماده	۲۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۱ a	۱۳/۹۷ ± ۰/۷۹ a	۳/۹۲ ± ۰/۹۴ a
۱۷		۵۰۰	۳۶	نر	۲۲	۰/۰۰ ± ۰/۰۲ a	۱۴/۱۳ ± ۰/۷۷ a	۳/۹۹ ± ۰/۸۱ a
۱۸		۴۹۸	۳۶	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۴ a	۱۳/۹۶ ± ۰/۸۳ a	۳/۹۷ ± ۰/۷۶ a
۱۹		۴۷۰	۳۷	ماده	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۲ a	۱۳/۷۸ ± ۰/۷۲ a	۳/۵۲ ± ۰/۷۶ a
۲۰		۴۹۹	۳۶	ماده	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۸ a	۱۳/۹۹ ± ۰/۹۷ a	۳/۹۶ ± ۰/۸۸ a
۲۱		۴۹۳	۳۵	ماده	۲۳	۰/۰۰ ± ۰/۰۹ a	۱۳/۹۱ ± ۰/۸۸ a	۳/۷۱ ± ۰/۹۲ a
۲۲		۴۹۲	۳۶	نر	۲۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۷ a	۱۳/۴۵ ± ۰/۷۹ a	۳/۳۸ ± ۰/۹۹ a
۲۳		۵۰۰	۳۳	ماده	۲۲	۰/۰۰ ± ۰/۰۵ a	۱۴/۱۱ ± ۰/۸۱ a	۳/۹۸ ± ۰/۸۷ a
۲۴		۵۰۰	۳۴	نر	۲۲	۰/۰۰ ± ۰/۰۳ a	۱۴/۱۰ ± ۰/۹۲ a	۳/۹۹ ± ۰/۷۳ a
۲۵		۴۹۹	۳۵	ماده	۲۱	۰/۰۰ ± ۰/۰۲ a	۱۳/۹۴ ± ۰/۹۸ a	۳/۹۱ ± ۰/۹۱ a
۲۶		۵۰۰	۳۳	ماده	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۱ a	۱۴/۱۵ ± ۰/۸۹ a	۳/۹۵ ± ۰/۵۹ a
۲۷		۴۹۶	۳۷	ماده	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۷ a	۱۳/۹۲ ± ۰/۶۵ a	۳/۸۲ ± ۰/۹۲ a
۲۸		۴۸۰	۳۱	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۹ a	۱۳/۹۴ ± ۰/۶۹ a	۳/۷۸ ± ۰/۹۵ a
۲۹		۴۸۹	۳۶	نر	۲۴	۰/۰۰ ± ۰/۰۸ a	۱۳/۹۷ ± ۰/۵۸ a	۳/۸۲ ± ۰/۸۵ a
۳۰		۴۸۵	۳۶	نر	۲۳	۰/۰۰ ± ۰/۰۱ a	۱۳/۸۴ ± ۰/۹۱ a	۳/۷۷ ± ۰/۸۱ a
								۲۰
								۵۰
								۰

FAO (1983)

حروف مشابه نشانه عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P > 0.05$).

با توجه به جدول ۳ و در نظر گرفتن میانگین طول، وزن و فلزات موردبررسی مقدار تجمع فلزات روی و مس با وزن و طول نسبت مستقیم داشته و افزایش می‌یابد.

علیرغم فلز مس، میانگین فلز روی در ماهی‌های سفید صیدشده از منطقه جنوب تالاب در مقایسه با شمال تالاب افزایش معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$). برخلاف طول، میانگین وزن در ماهی‌های سفید صیدشده از منطقه جنوب تالاب در مقایسه با شمال تالاب افزایش معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$).

در مناطق جنوب و شمال تالاب مقدار فلز روی در مقایسه با مس به ترتیب ۲۷ و ۲۲ درصد بیشتر بود.

جدول ۳: مقایسه میانگین نتایج زیست‌سنجی و فلزات روی، مس و کروم در عضله خوراکی ماهی سفید (*Rutilus kutum*) صیدشده از منطقه جنوب (صومعه‌سرا) و شمال (انزلی) تالاب انزلی (زمستان ۱۳۹۶).

منطقه نمونه‌برداری شاخص	منطقه جنوب تالاب	منطقه شمال تالاب
وزن (گرم)	۴۶۸/۴	۴۶۰/۴۳
طول (سانتی‌متر)	۳۲/۴۰	۳۱
سن (ماه)	۲۳	۲۲
کروم	۰	۰
روی	۱۳/۶۱	۱۱/۳۲
مس	۳/۶۶	۲/۴۷

با توجه به جدول ۴ در منطقه جنوب تالاب بین فاکتورهای وزن، طول و سن با روی تفاوت معنی‌دار در همبستگی نشان ندادند ($P > 0.05$). فاکتورهای طول و سن با مس همبستگی معنی‌دار نداشتند ($P > 0.05$)؛ اما فاکتور وزن با مس تفاوت معنی‌دار در همبستگی داشتند ($P < 0.05$). در منطقه شمال تالاب فاکتورهای طول و وزن و سن با فلزات روی و مس تفاوت معنی‌دار در همبستگی نشان ندادند ($P > 0.05$). بین تجمع فلزات مورد مطالعه در عضله خوراکی مارس سفید با جنسیت همبستگی منفی وجود داشت.

به دلیل این که فلز کروم در ماهیان نمونه‌برداری شده از مناطق شمال و جنوب تالاب مشاهده نشد بررسی ارتباط آن با طول و وزن مقدور نبود.

جدول ۴: مقایسه نتایج ضریب همبستگی فلزات سنگین کروم، روی و مس عضله خوراکی ماهی سفید (*Rutilus kutum*) صیدشده از منطقه جنوب (صومعه‌سرا) و شمال (انزلی) تالاب انزلی با فاکتورهای طول، وزن، سن و جنس در زمستان سال ۱۳۹۶.

منطقه نمونه‌برداری	منطقه جنوب تالاب				منطقه شمال تالاب			
شاخص	روی	P-Value	مس	P-Value	روی	P-Value	مس	P-Value
طول	-۰/۰۱۰	۰/۵۵	-۰/۹۹۷	۰/۸۲	-۰/۲۲	۰/۲۴	-۰/۰۳۹	۰/۸۳
وزن	-۰/۱۱۲	۰/۹۵	۰/۰۴۳	۰	-۰/۱۶۱	۰/۳۹	-۰/۱۶۱	۰/۳۹
سن	۰/۱۸۹	۰/۳۱	۰/۲۵۹	۰/۱۶	۰/۱۰۸	۰/۵۶	-۰/۰۴۱	۰/۸۲
جنسیت	-۰/۰۱۲	۰/۵۴	-۰/۱۱۹	۰/۳۸	-۰/۱۱۶	۰/۴۹	-۰/۰۱۱۸	۰/۶۱

در مناطق جنوب و شمال تالاب طول با فلزات روی و مس همبستگی منفی داشت. در منطقه جنوب تالاب همبستگی وزن با مس مثبت بود. در منطقه شمال تالاب همبستگی سن با مس منفی بود. همچنین تفاوت معنی دار در همبستگی مشاهده نشد ($P > 0.05$).

بحث و نتیجه گیری

فلزات سنگین مانند روی و مس در محیط زیست فراوان هستند و تا حد زیادی در پایداری و تعادل فرآیندهای اکوسیستم نقش دارند. باین حال، به دلیل تجمع بیولوژیکی، غیرقابل تجزیه بودن و مقادیر بیش از حد تجمع آن ها در محیط، این فلزات زنجیره غذایی را آلوده کرده و متعاقباً به منبع سمیت برای انسان تبدیل می شوند (Nkwunonwo *et al.*, 2020)؛ بنابراین بررسی فلزات سنگین از نقطه نظر بهداشت مواد غذایی و تعیین حداکثر مقدار مجاز غلظت این عناصر در سلامت انسان دارای اهمیت است. بر اساس قرارداد اتحادیه اروپا و قوانین حفاظت غذاهای دریایی این اتحادیه روی و مس در دسته دوم قرار دارند. این دسته اگرچه دارای اثرات مضر برای سلامتی انسان هستند، اما اثرات آن ها در مقایسه با سایر عناصر چندان زیان بار نیست و مقدار مشخصی برای جذب روزانه این عناصر تعیین نشده است. با توجه به نقش بیولوژیکی فلزات سنگین مانند روی و مس، این عناصر به عنوان میکرو نوترینت ها مورد توجه قرار گرفته اند. بعضی از فلزات مانند روی و مس در غلظت های کم می توانند نقش محرک یا بازدارنده را در فرآیندهای بیولوژیکی طبیعی بدن انسان ایفا نماید. این فلزات برای انجام واکنش های بیولوژیک بدن انسان ضروری می باشند (Zhang and He, 2007).

بر اساس جدول های ۱ و ۲ فلز کروم در ماهی سفید صیدشده از شمال و جنوب تالاب مشاهده نشد. کروم در محیط های آبی به اشکال مختلف سه و شش ظرفیتی (حدود یک درصد) مشاهده می شود. شکل سه ظرفیتی کروم شکل پایدار آن است، اما این شکل در pH طبیعی آب تالاب تغییر کرده و به شکل نامحلول آن تبدیل می شود؛ بنابراین رسوب کرده و از دسترس آبزیان خارج می شود. این شکل کروم قابلیت نفوذ به بدن آبزیان را نداشته، در صورت محلول بودن در آب دریا هم نمی تواند از طریق تغذیه به بافت خوراکی ماهی نفوذ نموده و ذخیره شود؛ اما تأثیر عواملی مانند هوازدگی، اکسیداسیون و فعل و انفعالات باکتریایی را ناپیوستی نادیده گرفت. این عوامل می توانند سبب انحلال کروم سه ظرفیتی در آب تالاب و ورود آن به بافت آبزیان شوند. علیرغم قدرت نفوذ بالای شکل شش ظرفیتی کروم به بافت آبزیان مقدار این شکل کروم در محیط های آبی جهت جذب توسط ماهی چندان بالا نیست. پایین بودن مقدار این شکل از کروم در محیط آبی به انضمام مکان تجمع کروم در آبزیان مانند کبد، کلیه و آبشش می تواند سبب کاهش تجمع این فلز در بافت خوراکی ماهی شود (Kumar and Mukherjee, 2011).

با توجه به جداول ۱ و ۲ مقدار جذب فلزات روی و مس در عضله خوراکی ماهی سفید نواحی مختلف تالاب تغییراتی را نشان داد که تحت تأثیر تفاوت در آلودگی آب مناطق نمونه برداری شده، وجود هم زمان فلزات مختلف، وزن، طول و جنسیت ماهی است (اشجع اردلان و همکاران، ۱۳۸۵). مقدار مس در ماهی سفید مناطق شمال و جنوب تالاب در مقایسه با حد مجاز استاندارد اختلاف معنی دار نشان داد که تحت تأثیر جذب فلزات سنگین به شکل محلول توسط ارگانیسم های آبی و تجمع آن ها از طریق باندهای سولفیدریل پروتئینی می باشد و این عامل می تواند از عوامل کاهش دهنده فلزات سنگین در محیط آبی و بافت آبزیان محسوب شود. با توجه به اندام هدف و تجمع این فلزات در بدن ماهی، تجمع این فلزات در بافت خوراکی نشانگر تجمع بیش از حد و زیاد این فلزات در تالاب و آلودگی تالاب با فاضلاب های صنعتی حاوی فلزات فوق می باشد (Turkmen *et al.*, 2010; Schmitt *et al.*, 2006).

همان طوری که جدول ۳ نشان می دهد با افزایش میانگین طول و وزن در نمونه های ماهی صیدشده از مناطق شمال و جنوب تالاب غلظت فلزات سنگین روی و مس در عضله خوراکی این ماهی ها افزایش پیدا کرد. با توجه به این جدول افزایش طول و سطح بدن ماهی سبب افزایش سطح تماس بدن ماهی با آب شده و به این ترتیب فلزات سنگین روی و مس بیشتری از آب جذب بافت ماهی می شود. به نظر می رسد که فلز روی

تمایل به تجمع در بافت چربی را دارد و بنابراین افزایش وزن و بالطبع افزایش چربی ماهی سبب افزایش مقدار این فلز در ماهی شد (Javed, 2012; Safiur Rahman et al., 2012; Yi and Zhangc, 2012). همچنین میانگین فلزات روی و مس در منطقه جنوب تالاب در مقایسه با شمال تالاب بیشتر بود که می‌تواند به دلیل مجاورت منطقه جنوب تالاب انزلی با شهرستان صومعه سرا و این‌که قسمت اعظم زمین‌های این منطقه به کشاورزی اختصاص یافته است، باشد؛ بنابراین با در نظر گرفتن این‌که کودهای کشاورزی از عوامل افزایش‌دهنده مقدار فلز روی در خاک و آب هستند، می‌توان افزایش غلظت این فلز در آب و انتقال آن به آبزیان جنوب تالاب را توجیه کرد (جمالی حاجیانی و رضایی، ۱۳۹۷).

با توجه به جدول ۴ در بافت خوراکی ماهی سفید صیدشده از مناطق شمال و جنوب تالاب، طول با فلزات روی و مس همبستگی منفی داشت. در منطقه جنوب تالاب همبستگی مثبت بین وزن و غلظت فلز مس اتفاق افتاد. در منطقه شمال تالاب همبستگی بین سن با فلز مس در ماهی مورد مطالعه منفی بود. تفاوت در همبستگی بین غلظت‌های فلزات سنگین مس و روی با فاکتورهای سن، سایز، طول و جنسیت ماهی سفید و نواحی مختلف نمونه‌برداری در مطالعه حاضر و نیز مطالعات انجام‌شده توسط سایر محققین را می‌توان با استفاده از تفاوت در گونه آبی، زیستگاه، سن، جنس، عادات غذایی آبزیان، شرایط فیزیولوژیکی مناطق مورد بررسی و فعالیت متابولیک ماهی توجیه کرد (ابراهیمی و ساکی زاده، ۱۳۹۱).

ابراهیمی و ساکی زاده (۱۳۹۱) غلظت فلزات مس و روی را در بافت اردک‌ماهی تالاب انزلی پایین‌تر از حد مجاز اعلام‌شده توسط سازمان خواروبار کشاورزی و سازمان بهداشت جهانی گزارش کردند. همچنین این محققین بین غلظت فلزات مس و روی با طول و وزن اردک‌ماهی به همبستگی منفی دست یافتند. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه حاضر در مورد تعیین همبستگی طول با تجمع فلزات سنگین مطابقت دارد، اما در اکثر موارد همبستگی وزن با تجمع فلزات مورد مطالعه منفی بود.

شهری و همکاران (۱۳۹۶) بالاترین و پایین‌ترین میزان روی را در ماهی شیر بیان کردند. به گفته این محققین میزان فلز روی در مقایسه با آستانه استانداردهای جهانی سازمان غذا و کشاورزی، سازمان بهداشت جهانی، وزارت کشاورزی-شیلات انگلستان و انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا و سازمان غذا و داروی آمریکا در ماهی شیر پایین‌تر بود که با نتایج مطالعه حاضر همسو است.

لکزی و همکاران (۱۳۹۴) یافتند که میانگین غلظت فلزات سنگین مس و روی در ماهی کفال ۲/۵۲۴ و ۳۱/۰۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود و همچنین میانگین غلظت این فلزات را در ماهیان منطقه تالش بیشتر از کیشهر گزارش کردند. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر در مورد میزان تجمع مس در ماهی سفید مطابقت دارد، اما میزان تجمع روی در مطالعه جاری پایین‌تر بود.

فروغی و همکاران (۱۳۸۶) غلظت فلزات سنگین روی و مس را در بافت عضله ماهی سفید دریای خزر در مقایسه با کبد کمتر گزارش کردند. این محققین غلظت فلزات بررسی‌شده را در کبد (Cu: ۴۱/۵ و Zn: ۵۵/۲ میکروگرم بر گرم) و در بافت عضله (Cu: ۲/۷ و Zn: ۲۲/۳ میکروگرم بر گرم و پایین‌تر از حد مجاز ارائه‌شده توسط FAO جهت مصرف انسانی بیان کردند. بین طول و وزن ماهی با غلظت فلزات در دو اندام مورد مطالعه همبستگی معنی‌دار مشاهده نشد ($P>0/05$). نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر با نتایج تحقیق فروغی و همکاران هم سو است.

شریعتی و شریعتی (۱۳۹۲) یافتند که غلظت فلزات سنگین مس و روی در عضله خوراکی ماهی سفید دریای خزر کمتر از حد مجاز پیشنهادشده توسط WHO، FAO، اتحادیه اروپا و استرالیا برای مصارف انسانی بود که با نتایج تحقیق جاری مطابقت دارد.

Zhang و همکاران (۲۰۱۹) غلظت فلزات سنگین مس، کروم و روی را در سه گونه خرچنگ (*Sesarma dehaani*, *Sesarma plicata*, *Macrophthalmus japonicus*) تالاب Mangrove بررسی کردند. این محققین یافتند که غلظت فلزات مورد بررسی در رسوبات تالاب ۹۱ – ۶۵، ۲۴۷ – ۲۱۲ و ۱۴ – ۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. همچنین میزان تجمع این فلزات را در بافت‌های مختلف خرچنگ به مقدار بیش از حد مجاز اعلام‌شده توسط سازمان‌های بین‌المللی گزارش کردند. نتایج این مطالعه، میزان مصرف روزانه و ضریب خطر هدف نشان داد که مصرف خرچنگ تالاب Mangrove ممکن است ساکنان محلی را در معرض خطرات بالقوه سلامتی قرار دهد. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر همسو نیست.

Sadeghi و همکاران (۲۰۲۰) غلظت فلزات مس و روی را در ماهیچه‌ها و بافته‌ای باله دمی ماهی‌های *Euthynnus affinis*، *Thunnus albacares* و *Katsuwonus pelamis* دریای عمان با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله تعیین کردند. غلظت فلزات در کبد در مقایسه با سایر بافت‌ها افزایش معنی‌دار داشت. در بافت گونه‌های ماهی تن تجمع روی در مقایسه با مس بیشتر بود. همچنین میانگین ضریب خطر بر اساس فلزات مورد مطالعه در سه گونه ماهی تن زیر ۱ بود که نشان‌دهنده بی‌خطر بودن مصرف این ماهی‌ها برای سلامت انسان است که با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر همخوانی دارد.

Budijono و همکاران (۲۰۲۰) غلظت فلزات سنگین کروم، روی و مس را در ماهیچه‌های *Notopterus notopterus* اندازه گرفتند. این محققین یافتند که غلظت کروم (۹۵/۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) در مقایسه با سایر فلزات بیشتر بود. همچنین در مقایسه با استانداردهای جهانی غلظت کروم را بالاتر گزارش کردند که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر همسو نبود؛ اما غلظت فلزات روی و مس را در مقایسه با استانداردهای جهانی کمتر بیان کردند که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت.

Li و Rajeshkumar (۲۰۱۸) تجمع فلزات سنگین کروم و مس را در ماهی‌های خوراکی آب شیرین *Cyprinus carpio Linnaeus* و *Pelteobagrus fluvidraco* بررسی کردند. نتایج این محققین نشان داد که میزان کروم و مس در قسمت‌های خوراکی دو گونه ماهی بسیار پایین‌تر از معیار بهداشت غذای چین بود. همچنین گزارش کردند که این ماهی‌ها برای مصرف انسان بی‌خطر هستند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

El-Batrawy و همکاران (۲۰۱۸) غلظت فلزات سنگین روی و مس را در ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) اندازه گرفتند. میانگین سالانه فلزات سنگین شامل روی و مس در ماهیچه‌های ماهی تیلاپیا ۱۰/۶۲ و ۰/۳۹ میکروگرم بر گرم وزنی حجمی بود. در ماهیچه‌های ماهی مس کمترین غلظت را نشان داد. مقادیر فلزات در ماهیچه‌های ماهی در حد مجاز پذیرفته‌شده توسط سازمان‌های بین‌المللی بود و برای مصرف انسان بی‌خطر است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری فلزات سنگین در این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر کاهش داشت که تحت تأثیر آلودگی آب‌زیستگاه آبیان است.

Gbogbo و همکاران (۲۰۱۸) غلظت کادمیوم را در *Brachydeuterus auritus* و *Chrysichthys nigrodigitatus* کمتر از حد قابل تشخیص توسط دستگاه تعیین کردند درحالی‌که فلز مس در ماهی *Brachydeuterus auritus* تعیین نشد. میزان فلزات در این ماهی‌ها کمتر از حد مجاز پذیرفته‌شده توسط سازمان خواروبار جهانی و سازمان بهداشت جهانی بود. در *Chrysichthys nigrodigitatus* مقدار فلز روی ۲/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقایسه با مقدار فلز مس ۰/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشتر بود. مقدار فلز روی در ماهی *Brachydeuterus auritus* ۲/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

Girgis و همکاران (۲۰۱۹) در ماهی *Oreochromis niloticus* پرورشی مقدار روی را در مقایسه با مس بیشتر گزارش کردند که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

Abubakar و Adeshina (۲۰۱۹) از ماهی *Clarias gariepinus* با میانگین وزنی ۱۵۴-۱۴۹ گرم و میانگین طولی ۲۸-۳۴ سانتی‌متر در سدهای Asa و دانشگاه Ilorin نیجریه نمونه‌برداری کردند. این محققین یافتند که در این ماهی میزان آلودگی به فلز سنگین روی در مقایسه با فلزات سنگین کروم و مس بیشتر بود و همچنین آلودگی به کروم در مقایسه با مس و روی کمترین مقدار بود. نتایج این مطالعه با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر همسو است.

Sulima و Sulieman (۲۰۱۹) بافت‌های ماهیچه‌ای، آب‌شش‌ها، گنادها و پوست *Mugil cephalus*، *Portunus pelagicus* و *Penaeus indicus* را از سواحل جنوب شرقی هند مورد بررسی قرار دادند. این محققین یافتند که غلظت روی در مقایسه با مس در بافت‌های مختلف آبیان مورد بررسی بیشتر بود. همچنین غلظت فلزات مس و روی را در مقایسه با کدکس پایین‌تر گزارش کردند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. Girgis و همکاران (۲۰۱۹) مقدار روی را در مقایسه با مس در ماهی *Oreochromis niloticus* پرورشی بیشتر گزارش کردند.

همچنین این محققین یافتند که در بافت عضلانی ماهی بیشترین مقدار فلزات سنگین در فصول زمستان و پاییز و کمترین مقدار فلزات سنگین در فصل تابستان وجود دارد. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

Łuczyńska و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر وزن و طول را روی تجمع فلزات سنگین روی و مس در بافت ماهی‌های سیم (*Abramis brama*)، لای ماهی (*Tinca tinca*)، اردک‌ماهی (*Esox lucius*)، *Perca fluviatilis*، *Coregonus lavaretus* و *Rutilus rutilus* از ناحیه Warmia واقع در شمال شرقی لهستان بررسی کردند. پایین‌ترین غلظت فلزات در بافت ماهیچه‌ای ماهی‌ها یافت شد. مقادیر روی و مس ۳/۴۲۷-۹/۹۵۰ و ۰/۱۳۳-۰/۲۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بود. همچنین تفاوت معنی‌دار در مقادیر فلزات سنگین در گونه‌های مختلف ماهی‌های موردبررسی را بیان کردند. این محققین یافتند که بین طول و وزن ماهی با تجمع فلزات سنگین ارتباط وجود داشت، اما در اکثر موارد بین این فلزات و فاکتورهای طول و وزن بدن ارتباط معنی‌دار نبود. نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری فلزات مس و روی در این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر کمتر بود که به دلیل تفاوت در گونه آبریان موردبررسی، سن، جنس، عادات غذایی آبریان، زیستگاه و فعالیت متابولیک ماهی است؛ اما نتایج به‌دست‌آمده از بررسی همبستگی طول و وزن با مقادیر فلزات سنگین در این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر همسو است.

Maurya و همکاران (۲۰۱۹) غلظت فلزات سنگین کروم، روی و مس را در ماهی‌های *Cirrhinus mrigala*، *Cirrhinus reba*، *Clupisoma garua*، *Mystus tengara*، *Catla catla*، *Lebio rohita*، *Crossocheilus latius*، هند بررسی کردند. این محققین غلظت روی را در مقایسه با فلزات کروم و مس بیشتر و غلظت کروم را در مقایسه با سایر فلزات کمتر ارزیابی کردند که با نتایج مطالعه حاضر همسو است؛ اما غلظت روی را در بافت ماهی (۳۲/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بالاتر از حد مجاز اعلام‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی بیان کردند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد.

Majed و همکاران (۲۰۱۹) روند جذب فلزات سنگین مس و روی را از طریق آب در ماهی *Anabas testudineus* بررسی کردند. جذب روی در مقایسه با مس ۸-۷ برابر بیشتر بود. تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد که تغییرات قابل‌توجهی در دینامیک داخلی بین پارامترهای کیفیت آب استخرهای آزمایشی و کنترل وجود دارد. این محققین بیان کردند که دینامیک متابولیسم فلزات سنگین در گونه‌های ماهی و ارتباط آن با پارامترهای کیفیت آب ممکن است برای فلزات سنگین مختلف و برای گونه‌های مختلف ماهی متفاوت باشد. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر همسو است. در مطالعه حاضر مقایسه میانگین فلز روی در مقایسه با فلز مس ۵-۴ برابر بیشتر را نشان داد.

با توجه به این‌که حد مجاز فلزات سنگین کروم، روی و مس صفر، ۵۰ و ۲۰ میکروگرم/گرم از جانب FAO اعلام‌شده است، بنابراین بر اساس نتایج به‌دست‌آمده ماهی سفید صیدشده از مناطق شمال و جنوب تالاب انزلی از نظر بهداشت مواد غذایی و آلودگی به فلزات سنگین کروم، روی و مس برای مصارف انسانی مناسب بوده و فاقد عوارض جانبی برای انسان است. با توجه به این‌که آلودگی از آب به آبریان منتقل می‌شود بنابراین می‌توان استنباط کرد که تالاب انزلی از نظر آلودگی به فلزات کروم، روی و مس در محدوده مجاز پذیرفته‌شده توسط FAO قرار دارد، اما با در نظر گرفتن تجزیه‌ناپذیر بودن این عناصر و این‌که ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی حاوی عناصر تهدیدکننده سلامتی انسان به تالاب انزلی سبب افزایش آلودگی آب تالاب به این عناصر می‌گردد، بنابراین ممانعت از ورود این فاضلاب‌ها به تالاب انزلی جهت جلوگیری از افزایش آلودگی آب تالاب و به مخاطره انداختن زیستگاه آبریان و سلامت مصرف‌کنندگان پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- ابراهیمی، ز. و ساکی‌زاده، م.، ۱۳۹۱. بررسی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت عضله اردک‌ماهی تالاب بین‌المللی انزلی. انباشتی و ارزیابی خطرات، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، جلد ۸۷، صفحات ۶۷-۶۳.
- احمد نیا، ح. ر.، ۱۳۸۷. بررسی وضعیت آلودگی ایجادشده توسط فلزات سنگین در تالاب انزلی. اولین همایش منطقه‌ای اکوسیستم‌های آبی داخلی ایران، بوشهر، ایران، صفحه ۱۵۰.

- استاندارد ملی ایران شماره ۹۲۶۶، ۱۳۸۶. اندازه‌گیری مقدار سرب، کادمیوم، مس، آهن و روی به روش طیف‌سنجی جذب اتمی. موسسه تحقیقات صنعتی ایران.
- اشجع اردلان، آ.، خوشخو، ژ.، ربانی، م. و معینی، س.، ۱۳۸۵. مقایسه میزان فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، روی، مس و جیوه) در آب، رسوبات و بافت نرم صدف دوکفه‌ای آلودونت تالاب انزلی در دو فصل پاییز و بهار. پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، جلد ۷۳، صفحات ۱۱۳ - ۱۰۳.
- جمالی حاجیانی، ن. و رضایی، آ.، ۱۳۹۷. اثر استفاده از کودهای شیمیایی در افزایش غلظت فلزات سنگین روی، کادمیوم و سرب در خاک و منابع آبی، سومین همایش ملی علوم زیستی، دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان.
- جمشیدی زنجانی، ا. و سعیدی، م.، ۱۳۹۲. ارزیابی آلودگی و پهنه‌بندی کیفی رسوبات سطحی تالاب انزلی بر اساس نتایج شاخص‌های سنجش آلودگی فلزات سنگین. مجله محیط‌شناسی، جلد ۲۹، صفحات ۱۷۰ - ۱۵۷.
- خانی پور، ع. ا.، احمدی، م.، زارع گشتی، ق.، سیف زاده، م. و رفیع پور، ف.، ۱۳۹۶. تعیین میزان فلزات سنگین مس، نیکل، کبالت و کروم در بافت خوراکی عضله ماهی کاراس طلایی تالاب بین‌المللی بندر انزلی. بوم‌شناسی آبزیان، جلد ۶، صفحات ۹۹ - ۹۱.
- سیف زاده، م.، گلشاهی، ع. و صفی‌یاری، ش.، ۱۳۹۷. میزان تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در ماهی قزل‌آلای پرورش ناحیه تالش استان گیلان. نشریه پژوهش‌های علوم دامی، جلد ۲۸، صفحات ۷۹ - ۶۵.
- شریعتی، ف. و شریعتی، ش.، ۱۳۹۲. فلزات سنگین و متالوتیونین در ماهی سفید دریای خزر. شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، تبریز، ایران، صفحه ۱۶۷.
- شهری، ا.، خراسانی، ن.، نوری، غ.، کرد مصطفی پور، ف. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۶. ارزیابی خطر برخی فلزات سنگین در عضله چهار گونه ماهی دریای عمان در فصل بهار. مجله تحقیق در سلامت محیطی، جلد ۱، صفحات ۳۹ - ۳۰.
- غضبان، ف. و زارع خوش‌اقبال، م.، ۱۳۹۰. بررسی منشأ آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). مجله محیط‌شناسی، جلد ۳۷، صفحات ۵۶ - ۴۵.
- لکزیابی، ف.، بابائی، ه. و خداپرست، ح.، ۱۳۹۴. سنجش فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، روی و مس) در بافت کبد و عضله ماهی کفال طلایی در دو منطقه حوضه جنوب غربی دریای خزر (کیاشهر و تالش). نشریه توسعه آبی‌پروری، جلد ۳، صفحات ۵۸ - ۵۱.
- وصالی ناصح، م. ر.، ۱۳۹۶. ارزیابی وضعیت آلودگی رسوبات تالاب انزلی به فلزات سنگین و تعیین نرخ رسوب‌گذاری تالاب. نشریه مدیریت سامانه‌های منابع آب، جلد ۶۶، صفحات ۲۶ - ۱۳.

Abubakar, M. I. O. and Adeshina, I., 2019. Heavy metals contamination in the tissues of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) obtained from two earthen dams (Asa and University of Ilorin Dams) in Kwara state of Nigeria. *Harran University, Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 8: 26-32.

Agbozu, I. E. and Ekweozor, I. K. E., 2001. Heavy metals in a non tidal freshwater swamp in the Niger Delta areas of Nigeria. *African Journal Science*, 2:175-182.

AOAC Official Method 937.07, 2000. Fish and Marine Products Treatment and Preparation of Sample. AOAC International, Benin city.

Biswas, S. P., 1993. Manuals and methods in fish biology 1 ed. South Asian Publishers, Delhi.

Budijono, B., Hasbi, M. and Sibagariang, R. D., 2020. Heavy metals content in tissues of feather back fish (*Notopterus notopterus*) from the Sail river, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Pekanbaru, Indonesia.

Gbogbo, F., Arthur-Yartel, A., Bondzie, J. A., Dorleku, W. P., Dadzie, S. and Kwansa-Bentum, B., 2018. Risk of heavy metal ingestion from the consumption of two commercially valuable species of fish from the fresh and coastal waters of Ghana, *PLoS ONE*, 13: e0194682.

Girgis, S. M., Mabrouk, D. M., Hanna, M. I. and Abd Eiraouf, A., 2019. Seasonal assessment of some heavy metal pollution and Metallothionein gene expression in cultured *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of the National Research Centre*, 43:131-139.

Javed, M., 2010. Accumulation of heavy metals in fishes: A human health concern. *International Journal of Environmental Science*, 2: 121-134.

Kumar, B. and Mukherjee, P., 2011. Bioaccumulation of heavy metals in muscle tissue of fishes from selected aquaculture ponds in east Kolkata wetlands. *Annals of Biological Research*, 2:125 - 134.

- Luczyńska, J., Tońska, E., Paszczyk, B. and Luczyński, 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*, 19: 421-442.
- Majed, N., Alam, K., Real, I. H. and Khan, M. S., 2019.** Accumulation of copper and zinc metals from water in *Anabus testudineus* fish species in Bangladesh. *Aquaculture Studies*, 19: 91-102.
- Maurya, P. K., Malika, D. S., Yadav, K. K., Kumarc, A., Kumard, S. and Kamyabe, H., 2019.** Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in River Ganga basin: Possible human health risks evaluation. *Toxicology Reports*, 6: 472-481.
- Nkwunonwo, U. C., Odika, P. O. and Onyia, N. I., 2020.** A review of the health implications of heavy metals in food chain in Nigeria. *The Scientific, Worf Journal*, 2020: 1 – 11.
- El-Batrawy, O. A., El-Gammal, M. I., Mohamadein, L. L., Darwish, D. H. and El-Moselhy, K. M., 2018.** Impact assessment of some heavy metals on tilapia fish, *Oreochromis niloticus*, in Burullus Lake, Egypt, *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 79: 1 – 13.
- Rajeshkumar, S. and Li, X., 2018.** Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang bay, Taihu lake, China, *Toxicology Reports*, 5: 288-295.
- Sadeghi, P., Loghmani, M. and Frokhzad, S., 2020.** Human health risk assessment of heavy metals via consumption of commercial marine fish (*Thunnus albacares*, *Euthynnus affinis*, and *Katsuwonus pelamis*) in Oman sea, *Environmental Science and Pollution Research*, 27:14944–14952.
- Safiur Rahman, M., Hossain, M., Narottam, S. and Atiqur, R., 2012.** Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. *Food Chemistry*, 134: 1847–1854.
- Schmitt, C. J., Brumbaugh, W. G., Linder, G. L. and Hinck, J. E., 2006.** A screening level assessment of lead, cadmium and zinc in fish and cry fish from Northeastern Oklahoma, USA. *Environmental Geochem Health*, 28: 445-71.
- Suliman, H. M. A. and Suliman, E. A. M., 2019.** Appraisal of heavy metal levels in some marine organisms gathered from the Vellar and Uppanar estuaries Southeast Coast of Indian Ocean. *Journal of Taibah University for Science*, 13: 338–343.
- Turkmen, A., Tepe, Y., Turkmen, M. and Cekic, M., 2010.** Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, Northeastern Mediterranean. *Environmental Monitoring Assess*, 168: 223- 230.
- Zhang, Z., Fang, Z., Li, J., Sui, T., Lin, L. and Xu, X., 2019.** Copper, zinc, manganese, cadmium and chromium in crabs from the mangrove wetlands in Qi'ao Island, South China: Levels, bioaccumulation and dietary exposure. *Watershed Ecology and the Environment*, 1: 26 -32.
- Zhang, Z. and He, I., 2007.** Analysis of heavy metals of muscle and intestine tissue in Fish– in Banan section of Chongqing from three Gorges Reservoir, China. *Polish Journal of Environmental Study*, 16: 325- 323.
- Yi, Y. J. and Zhang, S. H., 2012.** The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environmental Sciences*, 13:1699– 1707.

