بررسی فلزات سنگین و ارتباط آن با برخی شاخص‌های زیست‌سنجی در عضله و آبشش ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) دریای خزر

سید امیر موسوی مقدم[۱]
مهرنوش نوروزی[۲*]
مهران اسماعیلی[۳]

۱، ۳. گروه شیلات و بیولوژی دریا، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.
۲. گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، تنکابن، ایران

* مسئول مکاتبات:
mnoroozi@toniau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۲
کد مقاله: ۱۳۹۷۰۲۰۵۳۰
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

هدف از انجام این مطالعه، تعیین میزان تجمع فلزات سنگین سمی (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک و کروم) و غیرسمی (آهن، روی و مس) در بافت‌های خوراکی (عضله) و غیرخوراکی (آبشش) ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در سواحل جنوبی دریای خزر بود. نمونه‌گیری از ماهیان بالغ از ۶ ایستگاه در سواحل جنوبی دریای خزر انجام گردید. پس از انجام زیست‌سنجی، جهت اندازه‌گیری فلزات از بافت عضله و آبشش ماهیان موردمطالعه، از روش هضم با به‌کارگیری اسید نیتریک استفاده شد. سپس فلزات سنگین آن‌ها با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی اتمی پلاسما (ICP-AES) اندازه‌گیری گردید. میزان تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، مس، آهن و روی در بافت عضله به ترتیب ۲۲/۶، ۳، ۴/۵، ۴/۷۹، ۲۲۷، ۴۰۲، ۱۰۶۸۰ و ۶۸۴۳ (میکروگرم بر کیلوگرم) و در بافت آبشش به‌ترتیب فلز ۰/۰۷۳/۲، ۰/۵۰، ۴/۸، ۱۴/۳، ۴۶۹، ۴۰۵، ۵۷۴۰۰ و ۲۱۳۲۳ (میکروگرم بر کیلوگرم) وزن خشک بود. نتایج نشان داد میزان تجمع فلزات بین بافت‌ها معنی‌دار و به‌صورت آبشش > عضله بود ($P<0/05$). براساس آزمون پیرسون بین میزان تجمع فلزات آرسنیک و کادمیوم با شاخص‌های وزن و طول در بافت‌های ماهی، رابطه مثبت معنی‌دار وجود داشت. بین میزان تجمع فلز سنگین روی با فلزات سنگین جیوه، آرسنیک و مس، همچنین فلز سنگین آرسنیک با سرب در بافت عضله‌ی ماهی، رابطه مثبت معنی‌داری دیده شد. مقایسه تجمع فلزات سنگین در بافت عضله از حد مجاز اعلام‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی در خصوص فلزات سنگین سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، مس، آهن و روی به‌ترتیب ۰/۴، ۰/۲، ۰/۵، ۰/۲، ۱/۳، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰ (میکروگرم برگرم) پایین‌تر بود. بنابراین، میزان تجمع فلزات سنگین در ماهی سفید در حد بسیار پایین بوده و این ماهی برای مصارف انسانی سمی نمی‌باشد.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، تجمع زیستی، دریای خزر، ماهی سفید.

مقدمه

فلزات سنگین از عناصر موجود در طبیعت هستند که دارای قابلیت تجمع زیستی در بافت‌های مختلف بدن آبزیان می‌باشند و اغلب با بزرگنمایی زیستی در طی زنجیره غذایی در اکوسیستم‌ها در سلامت آبزیان و درنهایت انسان مداخله می‌کنند (Migliarini *et al.*, 2005). فلزات سنگینی مانند سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک که کاربرد زیستی ندارند، حتی به میزان بسیار اندک قادرند در عملکرد طبیعی بدن آبزیان اختلال ایجاد نمایند. فلزات سنگینی مانند آهن، روی و مس در میزان بسیار کم موردنیاز بدن هستند، اما زمانی که میزان آن‌ها از حد مجاز بالاتر رود اثرات نامطلوبی بر سلامت خواهند گذاشت. مصرف مقادیر بیش‌ازحد مجاز روی، علائمی چون سردرد، حالت تهوع، از دست دادن آب بدن، دردهای شکمی، استفراغ و سرگیجه را به دنبال خواهد داشت. سمیت روی نیز به‌واسطه فاکتورهای شیمیایی آب شامل غلظت اکسیژن، سختی، pH و دمای آب تغییر پیدا می‌کند. درحالی‌که افزایش در سختی آب، قلیاییت و ترکیبات آلی می‌توانند سبب کاهش کشندگی حاد ناشی از مسمومیت روی شود

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

(اسماعیلی ساری،۱۳۸۱؛ لشکری مقدم و همکاران، ۱۳۸۷). جذب مقدار زیادی آرسنیک غیرآلی و کادمیوم احتمال بروز انواع سرطان را افزایش می‌دهد. اثرات کروم ۶ بر بدن انسان؛ سرطان دستگاه گوارش، زخم معده، آماس پوست و حساسیت‌های پوستی می‌باشد. افزایش بیش‌ازحد مس در بدن سرطان خون و غدد لنفاوی، کم‌خونی شدید، هِموکروماتوزیس می‌شود. سرب باعث ایجاد کم‌خونی و کمبود کلسیم بدن می‌شود. اثرات جیوه عبارت‌اند از صدمه به کلیه، تأثیر بر سیستم گوارشی، صدمه به مری، اختلال در تولیدمثل و دگرگونی در DNA است. ترکیبات رسوب یافته آهن، سطح مفید تنفسی آبشش‌ها را کاهش می‌دهد و باعث آسیب به اپیتلیوم تنفسی و شوک در ماهیان می‌شود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

دریای خزر یک محیط بسته آبی است و زمان ماندگاری آلاینده‌های مختلف اعم از عناصر و فلزات سنگین، مواد حاصل از فاضلاب‌های کشاورزی و صنعتی، ترکیبات نفتی در آن بسیار بالا می‌باشد، زندگی موجودات وابسته به آن ازجمله انسان‌ها را با خطراتی جدی مواجه می‌سازد. دراین‌بین عناصر و فلزات سنگین از آلاینده‌های بسیار مهم محیط‌زیست این دریا محسوب می‌شوند. پیشتر در زمینه‌ی اندازه‌گیری فلزات سنگین در ماهی سفید دریای خزر مطالعاتی توسط Tahami و Hoseini (۲۰۱۲)، Monserfrad و همکاران (۲۰۱۲)، Raeisi و همکاران (۲۰۱۲)، فداکارماسوله و همکاران (۱۳۹۱)، عسکری ساری و ولایت‌زاده (۱۳۹۲)، سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) انجام‌شده است. از مطالعات انجام‌گرفته روی سایر ماهیان دریای خزر مانند ماهی کپور، کفال، کلمه و ازون برون (Raeisi *et al.,2012*)، کپور، کفال طلایی (عسکری ساری و ولایت‌زاده، ۱۳۹۲)، کفال طلایی و کفال پوزه‌باریک (بناگر و همکاران، ۱۳۹۴) و ماهیان خلیج‌فارس ماهی حلوا سفید (عریان و همکاران، ۱۳۸۹)، ماهیان شوریده و سرخو (شهریاری، ۱۳۸۴)، ماهی شوریده (عسکری ساری و همکاران ۱۳۹۲؛ Janadeleh and Jahangiri, 2016) می‌توان اشاره کرد. ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) یکی از پرمصرف‌ترین محصولات دریایی در رژیم غذایی مردم شمال کشور و دارای ارزش اقتصادی زیادی می‌باشد. میزان صید گونه ماهی سفید در هرسال حدود یک‌هزارم و ۲۲۱ تن بوده است (http://www.isna.ir/news). ازآنجایی‌که منابع آلوده‌کننده متفاوتی در دریای خزر وجود دارد لزوم پایش دوره‌ای آبزیان اقتصادی موجود در این دریا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به نقش بافت ماهیچه ماهی در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف و نقش بافت آبشش در تنفس و تعادل اسمزی، این دو بافت به‌عنوان اندام‌های هدف انتخاب شدند. پژوهش حاضر باهدف بررسی میزان تجمع سه فلز غیر سمی (آهن، روی و مس) و پنج فلز سنگین سمی (سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک) که از عناصر اجباری سازمان بهداشت جهانی و سازمان کشاورزی و غذایی سازمان ملل برای سنجش در ماهیان خوراکی است، در بافت‌های عضله و آبشش ماهی سفید در مناطق مختلف دریای خزر و ارتباط آن با شاخص‌های زیست‌سنجی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

با توجه به مطالعات گذشته از روند وضعیت آلودگی دریای خزر در سه استان ساحلی مازندران، گیلان و گلستان ۶ ایستگاه در نزدیک مکان‌های ورود پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی و همچنین در کنار اسکله‌ها و صیدگاه‌های ماهی انتخاب شد (شکل ۱)؛ که شامل ایستگاه‌های بندرترکمن (استان گلستان)، بهشهر، محمودآباد، تنکابن (استان مازندران)، کیاشهر و بندرانزلی (استان گیلان) بود. به‌طوری‌که ایستگاه‌های تنکابن و کیاشهر در نزدیکی ورودی رودخانه به دریا؛ دو ایستگاه بندرترکمن (تالاب گمیشان) و بندرانزلی (تالاب انزلی) در نزدیکی مناطق تالابی و ایستگاه‌های بهشهر، محمودآباد در مناطق ساحلی انتخاب شدند. درمجموع ۶ ایستگاه (هر ایستگاه ۷ قطعه) ۴۲ قطعه ماهی سفید بالغ، توسط صیادان با تورهای پره در اسفندماه ۱۳۹۳ صید شدند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های مطالعاتی حوزه جنوبی دریای خزر.

پس از انتقال نمونه‌های ماهی به آزمایشگاه، تمامی نمونه‌ها با آب مقطر کاملاً شستشو گردیدند. پس از گذشت زمان کافی برای خروج آب اضافه، تمامی نمونه‌ها کدگذاری و زیست‌سنجی شدند. سپس توسط اسکالپر مقدار ۱۰ گرم از بافت‌های عضله و آبشش ماهی سفید جدا شد. هر یک از بافت‌های عضله و آبشش در بالن قرار داده شد و ۵۰ سی‌سی آب مقطر و ۵۰ سی‌سی اسید نیتریک به آن اضافه شد. پس از مدت ۰/۵ تا ۱ ساعت که تحت گرما به حجم ۵ سی‌سی رسید، نمونه‌ها جهت رقیق‌سازی ۵ سی‌سی آب مقطر به آن اضافه شد و سپس آن را در ظروف پلی‌اتیلنی به‌منظور انتقال به آزمایشگاه جذب اتمی ریخته شد. جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (جیوه، سرب، آهن، روی، آرسنیک، کادمیوم، کروم و مس) از دستگاه جذب اتمی پلاسما (ICP-AES) استفاده گردید. برای قرائت دقیق مقادیر هر فلز در دستگاه با توجه به درجه حساسیت (جیوه ۱، سرب ۱۰، آهن ۲، روی ۰/۷، آرسنیک ۵۰، کادمیوم ۱، کروم ۲ و مس ۰/۴) ابتدا مقدار سه غلظت مختلف از محلول استاندارد هر فلز تهیه و این محلول استاندارد با دستگاه قرائت شد. با استفاده از میزان جذب هر یک از محلول‌های استاندارد در غلظت‌های مختلف، برای هر فلز به‌طور جداگانه منحنی کالیبراسیون رسم شد و سپس غلظت دقیق هر عنصر در نمونه‌ها با قرار دادن در معادله درجه اول منحنی کالیبراسیون تهیه‌شده، محاسبه گردید. محدوده غلظت هر منحنی به‌گونه‌ای انتخاب شد که دربرگیرنده غلظت‌های مختلف موجود در نمونه‌ها باشد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمون پارامتری t مستقل و آزمون واریانس یک‌طرفه ANOVA و مقایسه بین میانگین‌ها با آزمون دانکن و بررسی رابطه بین میزان جذب فلزات سنگین در بافت عضله با عوامل طول استاندارد و وزن توسط همبستگی پیرسون و رگرسیون خطیبه کمک نرم‌افزار SPSS ویرایش هجدهم صورت گرفت. برای رسم نمودار نیز از نرم‌افزار EXCEL 2007 در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

نتایج بررسی شاخص‌های زیست‌سنجی در جدول ۱ و میانگین نتایج آزمون t غلظت فلزات سنگین در بافت‌های عضله و آبشش ماهی سفید در جدول ۲ نشان داده‌شده است. میزان تجمع فلزات سنگین موردبررسی بین دو بافت عضله و آبشش متفاوت بود. براساس نتایج آزمون t-test، این تفاوت در تجمع فلزات سنگین سرب، آهن، روی، آرسنیک، کادمیوم، کروم و مس در بافت‌ها ازنظر آماری معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). فقط در مورد فلز سنگین و سمی جیوه این تفاوت معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). همچنین تجمع فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف در بافت‌های عضله و آبشش در جدول ۳ و ۴ نشان داده‌شده است. بر اساس نتایج میزان تجمع فلزات در بافت‌ها متفاوت است و به‌صورت آبشش >عضله می‌باشد. نمودار

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

میانگین غلظت فلزات سنگین سمی و غیر سمی در ایستگاه‌های مختلف و مقایسه آن با حد مجاز استاندار جهانی (WHO,1996) در شکل‌های ۱ تا ۸ نشان داده‌شده است. نتایج حاصل از بررسی‌های آماری، حاکی از پایین‌تر بودن میزان سرب، کادمیوم، جیوه، کروم، آرسنیک، آهن، روی و مس در بافت عضله و آبشش در مقایسه با استانداردهای جهانی می‌باشد. بررسی میزان تجمع فلزات سنگین ماهی سفید نشان داد، بیشترین فلز سمی، فلز آهن و کمترین آن فلز مس بود. همچنین در مورد فلزات سمی بیشترین آن، فلز سرب و کمترین آن در فلز کادمیوم دیده شد. به‌طورکلی میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی سفید در مناطق نمونه‌برداری به‌صورت: آهن>روی>کروم>مس>سرب>آرسنیک>جیوه>کادمیوم بود.

جدول ۱: میانگین شاخص‌های زیست‌سنجی ماهی سفید دریای خزر در ایستگاه‌های موردمطالعه.

ایستگاه	وزن (گرم)	طول کل (سانتیمتر)	طول استاندارد (سانتیمتر)
بندر ترکمن	۴۷/۹۳^{c} ±۶۴۲*	۱/۷۳^{bc}± ۴۱	۱/۳۲ ^{bc}±۳۶
بهشهر	۱۶۸/۶۷^{c}± ۷۵۴	۳/۵^{b}±۴۳/۵	۳/۰۵^{b}±۳۷/۳۳
محمودآباد	۱۹۱/۳۹ ^{b}±۹۵۳	۴/۱۶^{a}±۴۵/۶۶	۳/۸۸ ^{a}±۴۰/۸۳
تنکابن	۵۰/۲۹^{a}±۱۲۸۷	۱/۵^{a}±۴۷/۵	۰/۵ ^{a}±۴۱
کیاشهر	۱۲۲/۰۹ ^{cd}±۶۰۶	۲/۸۴^{cd}±۳۹/۱۶	۲/۲۵^{cd}±۳۴/۳۳
بندر انزلی	۷۴/۱۹ ^{d}±۴۷۵	۲/۵۶^{d}±۳۶/۸۳	۲/۲۹^{d}±۳۲/۵

* متفاوت بودن حروف نشان از معنی‌دار بودن بین میانگین‌ها می‌باشد.

جدول ۲: میانگین نتایج آزمون t غلظت فلزات سنگین در بافت‌های عضله و آبشش ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) (میکروگرم بر کیلوگرم).

غلظت فلزات	عضله	آبشش	سطح معنی‌داری
جیوه	۴/۶±۰/۲۴	۴/۸±۰/۱۸	۰/۰۹
سرب	۲۲±۱/۲	۴۸۰±۲۳	۰/۰۱
آرسنیک	۴/۷±۰/۲	۱۳±۰/۴۶	۰/۰۱
کادمیوم	۳±۰/۱۵	۷±۰/۳	۰/۰۲
کروم	۲۲۷±۷/۲	۴۶۸±۱۱/۵	۰/۰۳
آهن	۱۰۰۶۰±۳۵۴	۵۷۴۰۰±۳۴۴/۸	۰/۰۰
روی	۶۸۳۰ ±۶۱۷	۲۱۳۲۰±۸۳۴	۰/۰۱
مس	۴۰۰±۱۸/۴	۴۰۶±۲۴/۴	۰/۰۲

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

جدول ۳: میانگین نتایج غلظت فلزات سنگین در بافت‌های عضله ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) (میکروگرم برکیلوگرم).

بافت	جیوه	سرب	آرسنیک	کادمیوم	آهن	کروم	روی	مس
بندرترکمن	۴/۷^{a}	۱۴/۹^{c}	۳/۳^{c}	۲/۶^{b}	۱۱۰۶۶^{b}	۲۳۷^{c}	۵۵۶۶^{bc}	۴۲۹^{c}
بهشهر	۴/۹۶^{a}	۱۳/۲^{c}	۴/۶^{b}	۲/۷^{b}	۱۶۶۰۰^{a}	۲۲۱^{c}	۶۶۲۹^{b}	۴۶۰^{b}
محمودآباد	۴/۶^{a}	۵۵/۵^{a}	۷/۶۳^{a}	۴/۸^{a}	۷۸۳۰^{c}	۲۹۴^{a}	۴۴۵۰^{c}	۳۹۵^{d}
تنکابن	۴/۴^{a}	۲۵/۹^{b}	۷^{a}	۵/۲^{a}	۱۰۰۶۰^{b}	۸۹^{d}	۹۸۷^{d}	۸۹/۹^{f}
کیاشهر	۴/۴۳^{a}	۱۱/۳^{c}	۲/۹^{c}	۱/۵^{c}	۷۳۹۰^{c}	۲۶۴^{b}	۴۵۹۰^{c}	۳۷۶^{e}
بندرانزلی	۵^{a}	۱۵/۲^{c}	۳/۲^{c}	۱/۶^{c}	۷۴۴۰^{c}	۲۵۸^{b}	۱۸۸۳۰^{a}	۶۶۳^{a}

* متفاوت بودن حروف نشان از معنی‌دار بودن بین میانگین‌ها می‌باشد.

جدول ٤: میانگین نتایج غلظت فلزات سنگین در بافت آبشش ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) (میکروگرم برکیلوگرم).

بافت	جیوه	سرب	آرسنیک	کادمیوم	آهن	کروم	روی	مس
بندر ترکمن	۵^{a}	۲۷/۸^{c}	۱۲/۵^{b}	۵/۹^{c}	۶۹۷۹۰^{c}	۵۱۱^{a}	۱۵۱۳۰^{d}	۲۶۸^{c}
بهشهر	۴/۹^{a}	۳۲/۶^{c}	۱۲/۴^{b}	۶^{c}	۹۳۹۵۳^{b}	۵۰۰^{a}	۲۸۹۹۰^{a}	۲۱۸^{d}
محمودآباد	۴/۸^{a}	۸۸/۶^{a}	۱۸/۶^{a}	۹/۷^{b}	۴۳۲۱۰^{d}	۵۵۲^{a}	۲۷۶۶۰^{b}	۴۶۱^{b}
تنکابن	۴/۶^{a}	۲۵/۹^{b}	۲۱/۷^{a}	۱۲/۴^{a}	۱۶۰۱۰^{f}	۲۴۳^{b}	۸۰۲۰^{e}	۱۹۸^{d}
کیاشهر	۴/۷^{a}	۵۴/۸^{b}	۹/۵^{b}	۴/۵^{d}	۹۶۲۳۳^{a}	۵۴۴^{a}	۲۷۱۲۰^{b}	۴۳۴^{b}
بندر انزلی	۵/۱^{a}	۳۷^{c}	۱۰/۹^{b}	۵/۲^{d}	۲۵۲۳۶^{e}	۴۶۲^{a}	۲۱۰۰۰^{c}	۸۴۹^{a}

* متفاوت بودن حروف نشان از معنی‌دار بودن بین میانگین‌ها می‌باشد.

جهت مشخص‌کردن رابطه همبستگی بین میزان تجمع فلزات سنگین با شاخص‌های زیست‌سنجی در بافت‌های ماهی سفید از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. طبق نتایج جدول ۳، بین میزان تجمع فلزات آرسنیک و کادمیوم با شاخص‌های طول استاندارد و وزن در بافت‌های ماهی، رابطه مثبت معنی‌دار وجود دارد ($P<۰/۰۵$). بدین معنی که با افزایش طول و وزن ماهی میزان تجمع فلزات آرسنیک و کادمیوم در بافت ماهی، افزایش می‌یابد؛ اما بین تجمع فلزات سنگین جیوه، سرب، آهن، روی، مس و کروم در بافت‌های ماهی با شاخص‌های زیست‌سنجی رابطه معنی‌داری دیده نشد ($P>۰/۰۵$). طبق این نتایج، بین میزان تجمع فلز سنگین روی با فلزات جیوه، آرسنیک و مس در بافت عضله‌ی ماهی، رابطه مثبت معنی‌دار وجود دارد ($P<۰/۰۵$). بدین معنی که با افزایش میزان تجمع فلز روی در بافت عضله ماهی، میزان تجمع فلزات جیوه، آرسنیک و مس نیز افزایش می‌یابد. همچنین بین میزان تجمع فلزات سنگین آرسنیک با سرب و مس با جیوه در بافت عضله‌ی ماهی، رابطه مثبت معنی‌دار وجود دارد ($P<۰/۰۵$). بین تجمع سایر فلزات با یکدیگر در بافت عضله هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

جدول ۵: ضریب همبستگی و میزان معنی‌داری فلزات سنگین موردبررسی با شاخص‌های زیستی در بافت عضله.

بافت	طول	وزن	Hg	Pb	Cd	As	Cr	Cu	Fe	Zn
طول	۱	۰/۹۲**	−۰/۵۱	۰/۷۲	۰/۹۶**	۰/۹۴**	−۰/۴۴	−۰/۷۴	۰/۱۸	−۰/۷۴
وزن		۱	−۰/۶	۰/۵۲	۰/۹۳**	۰/۸۷*	−۰/۷۱	−۰/۸۸	۰/۱۱	−۰/۷۱
Hg			۱	−۰/۲۶	−/۴۶	−/۳۸	۰/۳۷	۰/۸۵*	۰/۳۳	۰/۸۱*
Pb				۱	۰/۷۵	۰/۸۲*	۰/۱۶	۰/۲۳	−۰/۲۹	−۰/۳
Cd					۱	۰/۰۰	−۰/۲۸	−۰/۰۵	۰/۰۴	−۰/۵۱
As						۱	۰/۳۳	−۰/۵۸	۰/۰۰	۰/۹۶**
Cr							۱	۰/۷۴	−۰/۲۸	−۰/۴۹
Cu								۱	−۰/۰۵	۰/۸۷*
Fe									۱	−۰/۲
Zn										۱

با توجه به مصرف ماهی سفید و ارزش اقتصادی آن جهت ارزیابی خطر انباشت فلزات موردبررسی در بافت عضله ماهی و همچنین آگاهی از وضعیت سلامت این ماهی برای مصرف‌کنندگان، این مقادیر با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شد و نتیجه این مقایسه در جدول ۶ آورده شده است. یافته‌های به‌دست‌آمده از این مقایسه نشان داد که غلظت تمامی فلزات موردبررسی پایین‌تر از مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی، بهداشت ملی و شورای تحقیقات پزشکی استرالیا و وزارت زراعت، شیلات و مواد غذایی انگلستان می‌باشد (WHO, 1996; Tuzen, 2009; MAFF, 1995).

جدول ٦: مقایسه حد مجاز استانداردهای جهانی فلزات سمی و غیرسمی (میکروگرم/گرم) با بافت عضله ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*).

فلز سنگین	NHMRC	MAFF	WHO	USEPA	پژوهش حاضر
سرب	۱/۵	۱/۵–۲	۰/۴	۰/۰۰۵	۰/۰۲۲±۰/۰۱۴۵
کادمیوم	۰/۰۵	۰/۰۵–۰/۲	۰/۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱۵
جیوه	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۵**	–	۰/۰۰۴۶±۰/۰۰۰۲۴
کروم	-	-	۱/۳	۰/۰۵	۰/۲۲۷±۰/۰۷۲
آرسنیک	-	-	۰/۲	–	۰/۰۰۴۷±۰/۰۰۲
آهن	-	-	۱۰۰*	۰/۱	۱۰/۰۶±۳/۵۴
روی	۱۵۰	۵۰	۱۰۰*	۰/۰۷۶	۶/۸۳±۶/۱۷
مس	۱۰	۲۰	۱۰	۰/۱	۰/۴±۰/۱۸۴

*WHO, 1989; **Kojadinovic et al., 2006.

بحث و نتیجه‌گیری

بافت آبشش شاخص خوبی از لحاظ در معرض قرار گرفتن طولانی‌مدت با فلزات سنگین محسوب می‌گردد. نتایج بررسی حاضر نشان می‌دهد بیشترین غلظت فلزات سنگین در بافت آبشش ماهی سفید در مقایسه با بافت ماهیچه است. آبشش‌ها به علت تماس مستقیم با مواد سمی در محیط آبی، مسیر اصلی ورود فلزات به بدن ماهی می‌باشند و بر همین اساس این اندام بیشترین مقدار برخی از فلزات سنگین را در خود ذخیره

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

می‌کند (Kamunde *et al.*, 2002; Jayakumar and Paul, 2006). این بافت به علت تماس مستقیم با آلاینده‌ها نسبت به سایر اندام‌ها، در سطح وسیعی با فلزات سنگین در تماس است و همچنین بافت آبشش جایگاه متابولیسم فلزات است و می‌تواند نشانگر خوبی برای آلودگی توسط آن‌ها باشد. یکی از راه‌های دفع مواد زیان‌آور شیمیایی و تنظیم مقدار آن‌ها در بدن، آبشش‌ها می‌باشد (Heath, 1987). فلزات اتصال یافته به پروتئین‌ها از راه پوست، آبشش و روده با ترشح موکوس به‌طور مستمر دفع می‌شوند. بالا بودن غلظت فلزات سنگین در بافت آبشش، ممکن است به دلیل عملکرد فیزیولوژیک ویژه این اندام در تنفس و تعادل اسمزی باشد (Heath, 1987). فلزات سنگین اندام هدف خود را بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. این نکته، علت تجمع بیشتر فلزات در بافت آبشش را در مقایسه با بافت عضله (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می‌نمایند (Filazi *et al.*, 2003). معمولاً بافت عضله دارای پایین‌ترین مقادیر فلزات سنگین در ماهیان می‌باشد (Krishnamurti and Nair, 1999, Al-Yousuf *et al.*, 2000). نتایج تحقیقات Raeisi و همکاران (۲۰۱۴)، Monsefrad و همکاران (۲۰۱۲)، سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) در ماهی سفید، دریای خزر با نتایج این تحقیق مبنی بر حداقل میزان جذب و تجمع فلزات سنگین در بافت عضله همخوانی دارد.

نتایج بررسی شاخص‌های زیست‌سنجی با میزان تجمع فلزات در بافت عضله نشان داد، تجمع فلزات کادمیوم و آرسنیک با وزن و طول کل رابطه مثبت دارند ($P<0/05$). این در حالی است که بین میزان تجمع فلزات سرب، جیوه، کروم، مس، روی و آهن با عوامل طول و وزن رابطه معنی‌داری وجود ندارد. Monsefrad و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه فلزات سنگین و سمی در بافت‌های کبد و ماهیچه ماهی سفید دریای خزر اعلام کردند افزایش سن و طول، منجر به افزایش غلظت فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم، سرب و جیوه در کبد می‌شود درحالی‌که در ماهیچه‌ها فقط فلز روی افزایش مشابهی نشان داد. مشابه این نتیجه در سایر ماهیان پیشتر در ماهی *Lethrinus lentjan* (Al-Yousuf *et al.*, 2000)، ماهی کفال طلایی (امینی رنجبر و ستوده نیا ۱۳۸۴، پازوکی و همکاران، ۱۳۸۸)، ماهی Abramis *brama* (Farkas *et al.*, *20003*) بر وجود رابطه مثبت و معنی‌دار در میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله با شاخص‌های زیست‌سنجی گزارش‌شده است. Farias و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تجمع سطوح تجمع جیوه در ماهیان نشان داد همبستگی مثبت بین غلظت جیوه و وزن ماهیان گوشت‌خوار وجود دارد.

نتایج حاصل از تحقیق و پژوهش حاضر نشان می‌دهد تجمع فلزات کادمیوم و آرسنیک با وزن و طول کل رابطه مثبت دارند که این رابطه را می‌توان به عادت تغذیه‌ای ماهی سفید نسبت داد که دارای رژیم غذایی گوشت‌خواری است. ماهی سفید بعد از گذراندن مراحل لاروی از لارو شیرونومیده، لارو حشرات آبزی، نرم‌تنان، سخت‌پوستان (گاماروس و خرچنگ پهن)، کرم پرتار و در دوران بلوغ از نرم‌تنان تغذیه می‌کند (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷). تغییرات در رفتار غذایی با افزایش سن به سمت موقعیت کفزی پلاژیک می‌تواند دلیلی برای افزایش غلظت فلزات با سن در مطالعه حاضر باشد. بعضی از موجودات مانند سخت‌پوستان و نرم‌تنان قادرند فلزات و دیگر آلودگی‌ها را در خود ذخیره کنند و هنگامی‌که ماهی سفید از نرم‌تنان تغذیه می‌کند آن‌ها می‌توانند این آلودگی‌ها را به ماهی منتقل کنند (Al- Weher *et al.*, 2008).

نتایج این بررسی هیچ ارتباط معنی‌داری بین اندازه ماهی و غلظت جیوه، کروم، سرب، مس، روی و آهن نشان نداد. نتایج مشابهی توسط Monsefrad و همکاران (۲۰۱۲) در ماهی سفید دریای خزر، Henry و همکاران (۲۰۰۴) در چهار گونه مختلف ماهی و Ploetz و همکاران (۲۰۰۴) در ماهی شیر نیز گزارش‌شده است. به‌طور عمومی در گونه‌های ماهیان با اندازه کوچک یا متوسط، غالباً افزایش در اندازه بر تجمع و ذخیره‌کردن فلز در بافت مؤثر نیست (Huggett *et al.*, 2001; Gašpić *et al.*, 2002). نبود هیچ‌گونه نسبتی بین غلظت‌های فلزات جیوه، کروم، سرب، مس، روی و آهن با شاخص‌های زیست‌سنجی احتمالاً به دلیل وابستگی ناچیز تنظیم غلظت فلزات به‌اندازه بدن و فاکتورهای بیوشیمیایی وابسته است. به نظر می‌رسد ارتباط مستقیم وزن و طول کل با جذب آرسنیک به علت تمایل آرسنیک به برقراری پیوند با پروتئین‌های حاوی گروه SH (نوعی اسیدآمینه) باشد. البته آزمایش‌ها و بررسی‌های بیشتری در خصوص نحوه یا عدم جذب فلزات سنگین در بافت عضله باید صورت گیرد. بررسی حاضر نشان داد، رابطه همبستگی مثبت بین میزان جذب فلزات جیوه، آرسنیک و مس با فلز روی؛ همچنین فلز جیوه با فلز

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

مس؛ و فلز آرسنیک با سرب وجود دارد. علت آن می‌تواند مشابهت زیاد ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی بین عناصر باشد. همچنین به علت مسیرهای بیوشیمیایی مشابه، وقوع لیگاندهای خاص در اتصال فلز با برخی پروتئین‌های خاص در برخی از جانوران باشد (Pourang *et al.*, 2005).

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، ایستگاه بندر انزلی در بین ایستگاه‌های موردمطالعه، بیشترین تجمع فلزات روی و مس در بافت عضله؛ همچنین کروم و مس در بافت آبشش نشان داد. بندر محمودآباد نیز بیشترین تجمع فلزات سرب، آرسنیک، کادمیوم و کروم در بافت عضله؛ همچنین فلزات سرب، آرسنیک و کروم در بافت آبشش را نشان داد. بندر بهشهر بیشترین تجمع فلز آهن در بافت عضله؛ همچنین فلز روی در بافت آبشش را نشان داد. فقط در مورد تجمع فلز سنگین و سمی جیوه هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های موردبررسی مشاهده نشد. به‌طورکلی اگر چه روند زمین‌شناسی و آب و هوایی و عوامل طبیعی و نقش نیمه شمالی دریای خزر در این آلودگی انکارناپذیر است، اما فعالیت‌های انسانی بیشترین آلودگی و تخریب را وارد می‌سازند (الصاق، ۱۳۸۹). یکی دیگر از دلایل آلودگی سواحل شمال کشور، دپوی غیراصولی و غیربهداشتی پسماندها در شهرهای شمالی و ورود فاضلاب انسانی (حضور گردشگران)، است. مهم‌ترین دلایل بالابودن غلظت سرب در بنادر شمالی کشور، وجود صنایع مختلف (مانند صنایع دریایی بزرگ، استفاده از رنگ‌های صنعتی شامل ضدزنگ به‌عنوان جلبک‌کش و ماده پوششی محافظ چوب) در منطقه و تخلیه پساب‌های صنعتی است. دلایل بالا بودن غلظت کادمیوم، استفاده وسیع از آن در انواع کودهای فسفاته مصنوعی و سموم کشاورزی است. آلودگی به فلز جیوه به دلیل استفاده از جیوه و ترکیبات آن در قارچ‌کش‌هاست. فرآیند تصفیه فاضلاب، سوخت نفت و گاز، رنگ‌سازی، کاغذ و صنایع سلولزی، نیز ممکن است جیوه را در آب منتشر نماید. آرسنیک و ترکیبات آن به‌عنوان آفت‌کش، علف‌کش، حشره‌کش و آلیاژهای مختلف بکار می‌روند. با توجه به اینکه مناطق موردمطالعه، دارای اهمیت کشاورزی هستند، پساب کودهای شیمیایی، سموم کشاورزی، قارچ‌کش و علف‌کش‌ها از مزارع وارد رودخانه‌ها و سپس دریا می‌شود. کروم در کارخانه‌های تولید فولاد، چرم و نساجی استفاده می‌شود. ورود پساب حاوی کروم ۶ حاصل فعالیت کارخانه‌ها نساجی استان‌های گیلان و مازندران و کارگاه‌های کوچک و بزرگ نساجی و چرم‌سازی عامل مهمی برای ورود آلودگی به سواحل دریای مازندران می‌باشد. تخلیه پساب صنایع ذوب و آبکاری فلزات مانند مس، سرب و نیکل، روی، کروم و کادمیوم همچنین پساب واحدهای شیمیایی می‌تواند منجر به تجمع فلزات در رسوبات شود (غضبان و زارع، ۱۳۹۰) درنتیجه به آلوده نمودن آب دریا و در پی آن ماهیان منجر می‌گردد (الصاق، ۱۳۸۹).

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که نسبت غلظت فلزات سنگین در ماهیان موردمطالعه در ماهیان سواحل غربی، مرکزی و شرقی دریای مازندران در نوسان است. به‌عنوان‌مثال Monsefrad و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه فلزات سنگین و سمی در بافت‌های کبد و ماهیچه ماهی سفید دریای خزر؛ میزان فلز مس، روی، کادمیوم، سرب و جیوه را به ترتیب ۲/۷۶۳، ۱۵/۴۵، صفر، ۰/۲۷۰ و ۰/۰۰۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در محدوده مجاز برای مصرف انسان اعلام کردند. الصاق (۱۳۸۹) میزان تجمع فلز سرب در ماهی سفید و کپور معمولی به ترتیب ۱/۳۱±۲/۵۷ و ۰/۲۰±۲/۴۹ میکروگرم بر گرم و بیشتر از میزان اعلام‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی و سازمان کشاورزی و غذایی سازمان ملل (۰/۵ میکروگرم برگرم) اعلام کرد. سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) غلظت فلزات سنگین مس، کادمیوم و سرب را در بافت عضله ماهی سفید و ماهی کلمه در سواحل جنوب شرقی دریای خزر (صیدگاه‌های بابلسر و تنکابن) زیر حد مجاز بین‌المللی تعیین‌شده توسط WHO، NHMRC و MAFF ذکر کردند. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با الصاق (۱۳۸۹) در تعیین برخی فلزات سنگین در عضلات ماهی سفید و کپور معمولی در سواحل جنوب مرکزی دریای خزر نشان داد که غلظت عناصر سنگین و سمی کادمیوم، جیوه، آرسنیک و سرب در عضلات ماهیان موردمطالعه بیشتر از نتایج مطالعه حاضر است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تفاوت در نتایج این پژوهش در اندازه‌گیری تجمع مقادیر فلزات سنگین بافت‌های ماهی سفید در مقایسه با نتایج سایر مطالعات دیده می‌شود. علت آن می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله شرایط محیطی، فصل نمونه‌برداری و کیفیت منابع تأمین‌کننده آب، صنایع مجاور در حاشیه سواحل و مقررات دفع پساب، بافت‌های مورد آزمایش، شرایط متفاوت فعالیت‌های آزمایشگاهی (روش‌های متفاوت هضم شیمیایی نمونه‌ها) و غیره باشد (APHA AWWA WEF, 1992).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

بافت عضله ماهی مهم‌ترین بخش خوراکی است که می‌تواند به‌طور مستقیم بر روی سلامتی انسان اثرگذار باشد. بنابراین بیشترین حد مجاز غلظت فلزات سنگین برای این بافت تعیین گردیده است (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۹۱). میزان تجمع فلزات موردبررسی در بافت عضله ماهی سفید و مقادیر استانداردهای بین‌المللی در جدول ۴ آورده شده است. یافته‌های به‌دست‌آمده از این مقایسه نشان داد که غلظت تمامی فلزات موردبررسی پایین‌تر از مقادیر استاندارد NHMRC، MAFF و WHO می‌باشد (WHO, 1996; Tuzen, 2009; MAFF, 1995). مقایسه میانگین میزان عناصر سنگین در تحقیق حاضر با استانداردهای بین‌المللی موجود در این زمینه بیانگر سالم بودن نسبی ماهی سفید و عدم آلودگی شدید این ماهی به عناصر آهن، روی، مس، سرب، کادمیوم، جیوه، کروم و آرسنیک می‌باشد، به‌ویژه که حداقل میزان جذب و تجمع این عناصر در عضله ماهی سفید است. البته با توجه به وضعیت آلودگی موجود در سواحل جنوبی دریای خزر که یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی و گردشگری کشور است، لازم است رعایت استانداردهای زیست‌محیطی بیشتر گردد؛ بنابراین پایش دوره‌ای ماهیان به همراه نمونه‌برداری از آب و رسوبات پیشنهاد می‌گردد.

منابع

اسماعیلی‌ساری، ع.، فرشچی، پ. و درویشی، ف.، ۱۳۸۱. بررسی رقابت تغذیه‌ای شانه‌دار مهاجم *Mnemiopsis leidyi* و کیلکای آنچوی در آب‌های سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علوم دریایی ایران، شماره چهارم، صفحات ۴۲-۲۵.

الصاق، الف.، ۱۳۸۹. تعیین برخی فلزات سنگین در عضلات ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) جنوب مرکزی دریای خزر. نشریه دامپزشکی، شماره ۸۹، صفحات ۴۴ – ۳۳.

امینی‌رنجبر، غ. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸٤. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی(*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران، سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱۸ – ۱.

بناگر، غ.، علی پور، ح.، حسن‌پور، م. و گل‌محمدی، س.، ۱۳۹٤. ارزیابی خطر فلزات کادمیوم و سرب بر سلامتی انسان در عضله کفال طلایی (*Liza auratus*) و کفال پوزه‌باریک (*Liza saliens*) در خلیج گرگان. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال ۷، شماره ۲۴، صفحات ۴۲ – ۳۳.

پازوکی، ج.، ابطحی، ب. و رضائی، ف.، ۱۳۸۸. سنجش میزان فلزات سنگین (Cr ،Cd) در بافت پوست و عضله کفال طلائی (*Liza aurata*) دریای خزر منطقه انزلی. علوم محیطی سال هفتم، شماره اول، صفحات ۳۲-۲۱.

عبدلی، الف. و نادری، الف. ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان، ۲۳۷ ص.

عسکری‌ساری و الف. ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۲. تجمع زیستی فلزات سرب و روی در کبد و عضله کپور (*Cyprinus carpio*)، ماهی سفید (*Rutilus frisii kuttom*) و کفال طلایی (*Liza auratus*) در بازار تهران. بهداشت مواد غذایی. دوره ۳، شماره ۱، صفحات ۹۹-۸۹.

عسکری‌ساری، الف.، جواهری‌بابلی، م.، محجوب، ث. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۱. میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس. مجله علمی شیلات ایران. سال بیست و یکم، شماره ۳، صفحات ۱۰۶-۹۹.

عریان، ش.، تاتینا، م. و قریب‌خانی، م.، ۱۳۸۹. بررسی اثرات آلودگی نفتی در حوزه شمالی خلیج‌فارس بر میزان تجمع فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم و انادیوم) در بافت عضله‌ی ماهی حلو اسفید (*Pampus rgenteuss*). مجله اقیانوس‌شناسی، شماره ۴، صفحات ۶۸-۶۱.

غضبان، ف. و زارع خوش‌اقبال، م.، ۱۳۹۰. بررسی منشاء آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران). مجله محیط‌شناسی، شماره ۵۷، صفحات ۵۶-۴۵.

سلطانی، م.، بزرگی، ع.، سیدپور، ر.، برزگر، م. و طاهری میرقائد، ع.، ۱۳۹۳. بررسی میزان فلزات سنگین (مس، کادمیوم، سرب) در برخی اندام‌های ماهی سفید (*Rutilus frisii kuttom*) و کلمه (*Rutilus rutilus*) در سواحل جنوب شرقی دریای خزر. مجله زیست‌شناسی دریا، سال ۶، شماره ۲۲، صفحات ۵۵-۴۵.

شهریاری، ع.، ۱۳۸٤. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج‌فارس در سال ۱۳۸۲. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، دوره هفتم، شماره ۲، صفحات ۶۷-۶۵.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

فداکارماسوله، ف.، مجازی‌امیری، ب.، میرواقفی، ع. و نعمت‌اللهی، م.ع.، ۱۳۹۱. بررسی تأثیر فلز سنگین کادمیوم بر سلول‌های جنسی اسپرماتوگونی و اسپرماتوسیت بیضه و تحرک سلول‌های اسپرماتوویید ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kuttom*). مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۱۱، شماره ۱، صفحات ۴۰-۳۱.

لشکری‌مقدم، ن.، ربانی، م. و احمدپناهی، ه.، ۱۳۸۷. بررسی مقادیر فلزات سنگین (روی، کبالت، نیکل و کادمیوم) درتون ماهیان کنسرو شده و روغن آن. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، سال سوم، شماره ۲، صفحه ۸۴.

Al-Yousuf, M. H., El-Shahawi, M. S. and Al-Ghais, S. M., 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. Science of the Total Environment, 256: 87-94.

Al-Weher, S. A., 2008. Levels of heavy metal Cd, Cu and Zn in three fish species collected from the northern Jordan valley, Jordan. Jordan Journal of Biological Sciences, 1 (1): 41-46.

APHA AWWA WEF., 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th Edn. American public health association. Washington, 3-13pp.

Farias, R. A., Hacon, S., Campos, R. C. and Argento, R., 2005. Mercury contamination in farmed fish setup on formergarimpo mining area in the Northern Mato Grosso State, Amazonian region, Brazil. Science of the Total Environment, 384: 128-134.

Filazi, A., Baskaya, R. and Kum, C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish (*Mugil auratus*) from Sinop-Icliman, Turkey. Human and Experimental Toxicology, 22: 85-87.

Heath, A. G., 1987. Water pollution and fish physiology DRS press. Boston, USA, 245 p.

Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D. and Bertho, M. L., 2004. Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. Environment International, 30: 675– 683.

Hoseini, H. and Tahami, M. S., 2012. Study of Heavy Metals (Pb and Cd) Concentration in Liver and Muscle Tissues of *Rutilus frisii Kutum*, Kamenskii, 1901 in Mazandaran Province. Global Veterinaria, 9 (3): 329-333.

Huggett, D. B., Steevens, J. A., Allgood, J. C., Lutken, C. B., Grace, C. A. and Benson, W. H., 2001. Mercury in sediment and fish from North Mississippi Lakes. Chemosphere, 42: 923-929.

Gašpić, Z. K., Zvonarić, T., Vrgoč, N., Odžak, N. and Barič, A., 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. Water Research, 36, 5023–5028.

Janadeleh, H. and Jahangiri, S., 2016. Risk Assessment and Heavy Metal Contamination in Fish (*Otolithes ruber*) and Sediments in Persian Gulf. Journal of Community Health Research, 5(3): 169-181.

Jayakumar, P. and Paul, V. I., 2006. Patterns of cadmium accumulation in selected tissues of the catfish *Clarias batrachus* (Linn.) exposed to sublethal concentration of cadmium chloride. Veterinarian Archive, 76: 167–177.

Krishnamurti, A. J. and Nair, V. R., 2000. Concentration of metals in fishes from Thane and Basin creeks of Bomloay. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 28: 39-44.

Kamunde, C., Grosell, M., Higgs, D. and Wood, C. M., 2002. Copper metabolism in actively growing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): interactions between dietary and waterborne copper uptake. Journal of Experimental Biology, 205: 279-290.

MAFF., 1995. Monitoring and surveillance of nonradioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea, 1993. Aquatic Environment Monitoring Report No. 44. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.

Migliarini, B., Campisi, A. M., Maradonna, F., Truzzi, C., Annibaldi, A., Scarponi, G. and Carnevali, O., 2005. Effects of cadmium exposure on testis apoptosis in the marine teleost *Gobius niger*. *General* and Comparative *Endocrinology*, 142: 241–247.

Monsefrad, F., Imanpour Namin, J. and Heidary S., 2012. Concentration of heavy and toxic metals Cu, Zn, Cd, Pb and Hg in liver and muscles of *Rutilus frisii kutum* during spawning season with respect to growth parameters. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11(4): 825-839.

Pourang, N., Dennis, J. H. and Ghoorchian, H., 2004. Tissue distribution and redistribution of elements in shrimp species with the emphasis on the roles of Metallothionein, Ecotoxicology.13:519-533.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

Ploetz, D. M., Fitts, B. E. and Rice, T. M., 2007. Differential accumulation of heavy metals in muscle and liver of a marine fish, (King Mackerel, *Scomberomorus cavalla* Cuvier) from the northern Gulf of Mexico, USA. Bullletin Environmental Contaminant Toxicology, 78: 134- 137.

Raeisi, S., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad., M. and Zakariaei, H., 2014. Analysis of heavy metals content in water, sediments and fish from the Gorgan bay, southeastern Caspian Sea, Iran. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2 (6): 2162-2172.

WHO., 1996. Health criteria other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd ed, 2: 31-388.

WHO. 1989. National Research Council Recommended Dietary Allowances (10th ed), National Academy Press, Washington, DC. USA.

Tuzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea. Turkey Food and Chemical Toxicology. 47(9): 2302-2307.

http://www.isna.ir/news

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]