

سنجش فلزات سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در بافت کبد و عضله ماهی کفال طلائی در دو منطقه حوضه جنوب غربی دریای خزر (کیاشهر و تالش)

فرحناز لکزایی*^۱، هادی بابائی^۲، سیدحجت خداپرست^۲

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۹-۱۴۹۶۵

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

بندر انزلی، ایران، صندوق پستی: ۶۶

تاریخ پذیرش: ۱۹ تیر ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۷ اسفند ۱۳۹۳

چکیده

این تحقیق به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس در بافتهای کبد و عضله ماهی کفال طلائی سواحل جنوبی دریای خزر در دو منطقه (کیاشهر و تالش) انجام گرفت. تعداد ۲۸ نمونه ماهی (از هر منطقه ۱۴ عدد) تهیه و پس از تفکیک اندامهای ماهی به روش هضم تر و مخلوط اسید هضم شیمیایی نمونه ها صورت گرفت و به کمک دستگاه جذب اتمی شعله (FAAS) تعیین غلظت گردید. میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس در بافت عضله ماهی کفال به ترتیب $۰/۰۶۳ \pm ۱/۴۴۱$ ، $۰/۰۲۴ \pm ۰/۱۰۹$ ، $۰/۵۱ \pm ۳۱/۰۸$ و $۲/۵۲۴ \pm ۰/۷۴۸$ و در بافت کبد $۰/۱۲۴ \pm ۱/۹۵۳$ ، $۰/۱۵ \pm ۰/۱۹۶$ ، $۳۳/۰۲۱ \pm ۴/۲۴$ و $۴/۲۸۸ \pm ۱/۰۳۹$ ppm وزن خشک بوده است. غلظت سرب و کادمیم در ماهیان منطقه کیاشهر بیشتر از منطقه تالش بوده و غلظت روی و مس در ماهیان منطقه تالش بیشتر بوده است. تجمع فلزات سنگین در هر دو منطقه در بافت کبد نسبت به بافت عضلانی دارای مقادیر بیشتری بوده است.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، ماهی کفال طلائی، کیاشهر، تالش، دریای خزر.

* عهده‌دار مکاتبات (✉)، lakzaeif@gmail.com

مقدمه

ماهی ماده غذایی سودمندی است که جزء مواد اصلی و اساسی بر نامه غذایی مردم در مناطق شمالی و جنوبی کشورمان یعنی مناطقی که در کنار دریا قرار گرفته‌اند به حساب می‌آید. با افزایش آگاهی مردم و توسعه پرورش ماهی در نقاط دور از ساحل و وجود ماهی در سبد غذایی روزانه مردم مناطق دور از ساحل نیز بیش تر شده است. ماهی دارای ارزش تغذیه‌ای بسیار بالایی است و بیش تر مواد مغذی مفید و ضروری برای انسان، در آن وجود دارد. مصرف گوشت ماهی اثرات معجزه آسایی در درمان بسیاری از امراض مانند، فشارخون، رماتیسم، گواتر، سردردهای میگرنی، بیماری‌های کلیوی و تنگی نفس (آسم) دارد. همچنین مصرف ماهی سبب رشد بهتر، هوش بیش تر و طول عمر می‌شود. تحولات ایجاد شده در بخش‌های صنعتی و کشاورزی و ارتقاء سطح زندگی بشر در دهه‌های اخیر، کاربرد فلزات سنگین را در زمینه‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر نموده است. فلزات سنگین که به روش‌های مختلف نظیر استخراج، فرآیند ذوب، احتراق مواد سوختی و صنعتی شدن به محیط‌زیست راه یافته‌اند، از مسیرهای گوناگون مانند نزولات جوی، تخلیه مواد زائد، نشت اتفاقی، تخلیه آب توازن کشتی، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی و فرسایش خاک به محیط‌های آبی منتقل می‌شوند (Karadede et al., 2003; Filazi et al., 2003). به دنبال انتقال آلاینده‌های ذکر شده به محیط‌های دریایی این احتمال به وجود می‌آید که ماهی مقادیری از برخی فلزات سنگین را از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب نماید (وفایی، ۱۳۷۹). ماهی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین برای انسان است، آلودگی

آب به واسطه فلزات سنگین موجود در آن ماهی‌ها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. این آلودگی‌ها از منابع مختلفی ناشی می‌شوند. مطالعاتی که روی اندام‌های مختلف ماهی انجام گرفته نشان داده است که تجمع و نوع فلزات در اندام‌های مختلف متفاوت می‌باشد. در کبد ماهی تجمع مس و روی بالا می‌باشد و در روده و معده، منگنز و در فلس‌ها کبالت، کروم، نیکل، استرانسیم بالا می‌باشد؛ در حالی که آبشش‌ها و ستون مهره‌ها کم‌ترین مقادیر از عناصر ذکر شده را در خود دارند (Anon, 1993). در مطالعه تجمع فلزات سنگین در بافت‌های ماهی و آبریان تحقیقات متعددی در جهان و تعدادی در ایران انجام شده است. که از میان آن‌ها می‌توان به تحقیقات صباغ کاشانی (۱۳۸۰) در عضله کبد، کلیه، آبشش و تخمدان ماهی کفال (Liza auratus) دریای خزر، مطالعه واردی (۱۳۸۲) بر روی بافت عضلانی ماهیان آزاد و سوف و کفال طلایی دریای خزر، مطالعه فاضلی و همکاران (۱۳۷۹) در بافت‌های کبد، آبشش، کلیه، تخمدان و عضله ماهی کفال دریای خزر، مطالعه امینی رنجبر و ستوده (۱۳۸۱) در بافت عضله ماهی کفال و صادقی‌راد و همکاران (۱۳۸۴) در بافت عضله و خاویار دو گونه از تاسماهیان دریای خزر اشاره کرد. همچنین Pourang و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی بافت خوراکی پنج گونه تاسماهی حوزه جنوبی دریای خزر، Agusa و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی بافت عضله پنج گونه از ماهیان خاویاری کشورهای مختلف حاشیه دریای خزر، Anon و همکاران (۱۹۹۳) به بررسی ماهیان استخوانی کشورهای مختلف حاشیه دریای خزر پرداختند. با وجود منابع آلاینده مختلف در سواحل جنوبی دریای خزر و به طور کلی فعالیت‌های انسانی در ساحل و دریا، احتمال

انجام گرفت. محلول باقی‌مانده حاصل از هضم هر یک از نمونه‌ها با کاغذ واتمن شماره ۴۲ صاف و به بالن‌های حجم‌سنجی ۲۵ میلی‌لیتری منتقل و با اسید نیتریک ۵ درصد به حجم رسانده شد (Baldwin and 1999, Marshall, جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات Zn, Cu, Cd, Pb) در نمونه‌های محلول حاصل از هضم شیمیایی از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل SHIMADZU AA/680 (کمپانی ژاپن) مجهز به لامپ دوتریم جهت تصحیح زمینه و از شعله هوا/استیلن استفاده گردید. لازم به ذکر است، جهت رسم منحنی کالیبراسیون و معادله استاندارد از استاندارد مرجع (Accu Trace Reference Standard) استفاده شد و بدین صورت میزان سطح فلزات سنگین تعیین گردید. حداقل سیگنال قابل تشخیص (LOD) دستگاه جذب اتمی شعله برای فلزات کادمیم (۰/۰۰۹)، سرب (۰/۰۱۳)، روی (۰/۰۲۲)، مس (۰/۰۱۷) میلی‌گرم بر لیتر بوده است. برای محاسبه میانگین، انحراف معیار و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد. برای انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شده است. جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون (شاپیرو - ویلک) استفاده شد. بدلیل نرمال بودن توزیع داده‌ها، با استفاده از آزمون ANOVA در سطح اطمینان ۹۵٪ ابتدا اختلاف کلی بین میانگین‌ها مشخص و سپس با آزمون توکی (Tukey) گروه‌ها از یکدیگر تفکیک گردیدند.

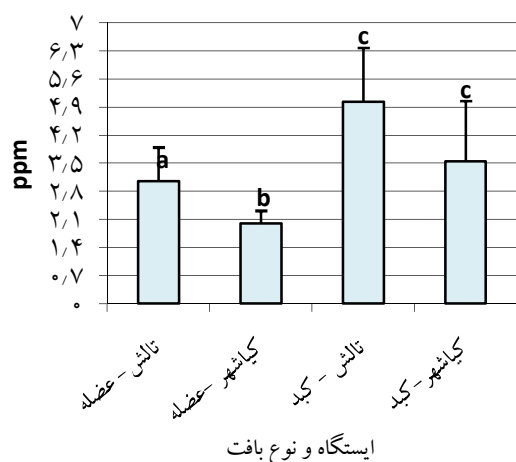
نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در بافت عضلانی و کبد گونه‌های مورد مطالعه بر

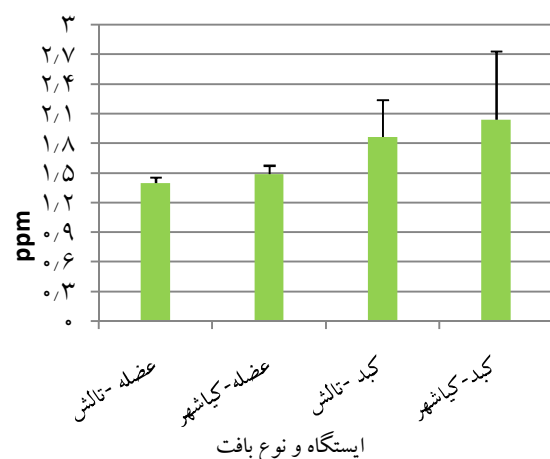
بالا بودن میزان عناصر سنگین در سواحل جنوبی دریای خزر و جذب و تجمع آن‌ها در قسمت‌های مختلف بدن آبزیان، از جمله ماهیان اقتصادی و استخوانی مانند ماهی سفید و ماهی کفال و... وجود دارد. با توجه به این مسئله و برای آگاهی از وضعیت بهداشتی و سلامتی ماهی کفال یکی از گونه‌های اقتصادی که شاید سالانه بیش‌ترین صید سواحل جنوبی دریای خزر را تشکیل می‌دهد. برای مصرف‌کنندگان به ویژه ساحل‌نشینان تحقیق حاضر انجام گردید.

مواد و روش‌ها

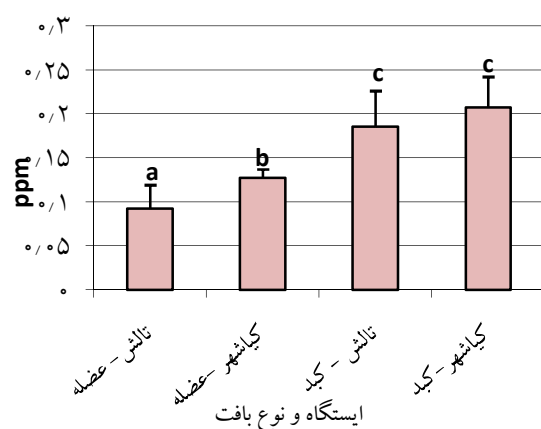
در سال ۱۳۸۹ تعداد ۲۸ عدد ماهی کفال طلایی (*Mugil auratus*) دریای خزر در سواحل استان گیلان (کیاشهر و تالش) به صورت تصادفی از صید صیادان، به روش تور پره با چشمه ۳۰ میلی‌متری، در سواحل شهرستان‌های تالش، کیاشهر تهیه گردید. نمونه‌های تهیه شده به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه پس از شستشوی نمونه‌ها با آب مقطر به میزان ۲۰ الی ۳۰ گرم از بافت هر یک از نمونه‌های عضله و کبد هم‌وزنه را برداشت نموده و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نمونه‌ها را کاملاً خشک نموده سپس به میزان ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده را با ترازوی (با دقت ۰/۰۰۱) توزین نموده و با استفاده از مخلوط اسید (HNO₃/HClO₄) به نسبت ۳:۱ به وسیله هیترا دیجست ابتدا در دمای ۹۰ درجه به مدت یک ساعت سپس در دمای ۱۲۰ درجه به مدت دو ساعت هضم شیمیایی نمونه‌ها صورت پذیرفت. جهت کنترل کیفیت آنالیزها، به موازات آماده‌سازی نمونه‌های حقیقی، سه نمونه شاهد (Blank) نیز در کنار سایر نمونه‌ها تهیه و مراحل هضم شیمیایی همانند نمونه‌ها



شکل ۱: تغییرات غلظت مس در ماهی کفال



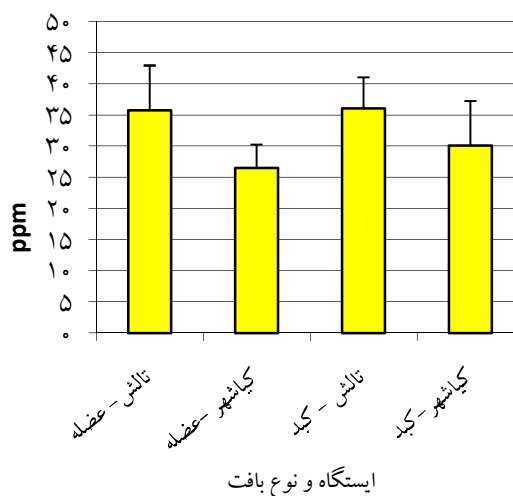
شکل ۲: تغییرات غلظت سرب در ماهی کفال



شکل ۳: تغییرات غلظت کادمیم در ماهی کفال

حسب ppm وزن خشک محاسبه شده است. ترتیب قرار گرفتن میزان تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف نمونه‌های اندازه‌گیری شده بر مبنای غلظت آن‌ها بصورت زیر می‌باشد. روی < مس < سرب < کادمیم می‌باشد. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان تجمع همه فلزات سنگین به جزء روی در ماهیان هر دو منطقه مطالعاتی در بافت کبد بیش‌تر از بافت عضلانی بوده است. به طوری که غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس در بافت عضلانی ماهی کفال طلایی در منطقه تالش به ترتیب $1/396 \pm 0/056$ ، $0/092 \pm 0/029$ ، $35/686 \pm 7/341$ و $3/053 \pm 0/842$ و در بافت کبد به ترتیب $1/865 \pm 0/371$ ، $0/185 \pm 0/041$ ، $36/021 \pm 5/121$ و $5/024 \pm 1/349$ ppm وزن خشک بوده است. همچنین نتایج حاصل نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس در بافت عضلانی ماهی کفال طلایی در منطقه گیاشهر به ترتیب $26/48 \pm 3/84$ ، $0/127 \pm 0/1$ ، $0/486 \pm 0/086$ و $1/995 \pm 0/321$ و در بافت کبد به ترتیب $30/022 \pm 7/0$ ، $256/207 \pm 0/035$ ، $2/041 \pm 0/687$ و $3/554 \pm 1/502$ ppm وزن خشک بوده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان تجمع فلزات مس، سرب و کادمیم در بافت‌های عضله و کبد ماهیان منطقه گیاشهر در مقایسه با میزان غلظت این فلزات در ماهیان منطقه تالش بیش‌تر بوده است. نتایج آماری داده‌ها نشان داد که بین میزان تجمع فلزات مس و کادمیم در بافت عضله نسبت به بافت کبد ماهیان مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌دار آماری بوده است ($P < 0/05$). همچنین بین میزان انباشتگی فلزات مس و کادمیم در بافت عضله ماهیان دو منطقه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0/05$) (شکل‌های ۱ تا ۴).

تحقیق حاضر انجام گرفت. نتایج حاصل از تحقیقات انجام گرفته این مطلب را مشخص می کند که میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهی با یکدیگر متفاوت می باشد. تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت های گوناگون ماهیان می تواند ناشی از متغیر بودن توان فلزات سنگین در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی پروتئین ها نظیر متالوتیونین ها باشد. هم چنین تفاوت نیازهای اکولوژیکی و فعالیت های متابولیک ماهیان می تواند به عنوان عامل مهم دیگری تلقی شود (Canli and Atli, 2003). فلزات سنگین اندام هدف خود را براساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می کنند. این نکته علت تجمع بیش تر فلزات در بافت های نظیر کبد و آبشش ها را در مقایسه با بافت ماهیچه (با فعالیت متابولیک پایین) تفسیر می نماید (Filazi *et al.*, 2003). در مطالعه حاضر بافت عضله ماهی، به سبب نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین غلظت فلز مس در تحقیق حاضر ۲/۵۲۴ ppm وزن خشک بدست آمد که از استانداردهای (MAFF) WHO, NHMRC, UK کم تر می باشد. شایان ذکر است که میزان غلظت به دست آمده برای عنصر مس در تحقیق حاضر از نتایج مطالعات انجام شده توسط امینی رنجبر (۱۳۸۱) و Usero و همکاران (۲۰۰۳) بیش تر بوده است. میانگین غلظت به دست آمده برای این عنصر در محدوده نتایج مطالعات انجام شده توسط Filazi و همکاران (۲۰۰۳) می باشد. میانگین غلظت فلز سرب در این تحقیق در بافت عضله ۱/۴۴۱ ppm وزن خشک بدست آمد که از استانداردهای NHMRC و آلمان بیش تر می باشد. هم چنین مقدار سرب اندازه گیری شده در این تحقیق از نتایج بدست آمده



شکل ۴: تغییرات غلظت روی در ماهی کفال طلایی

بحث

ماهی و محصولات دریایی با وجود آن که جزء مواد غذایی حیوانی هستند، ولی از نظر ترکیب چربی با سایر مواد غذایی حیوانی متفاوتند. چربی موجود در مواد غذایی حیوانی به طور عمده حاوی ترکیبات به نام اسیدهای چرب اشباع شده هستند که این ترکیبات موجب بالا بردن کلسترول و سایر چربی های نامطلوب خون می شوند. بنابراین افراط در مصرف چربی های حیوانی، سلامت قلب و عروق را به خطر انداخته و در نهایت منجر به سکنه های قلبی و مغزی می شوند. ولی ماهی و آبزیان با وجود آن که از دسته مواد غذایی حیوانی هستند با این حال نوع چربی موجود در آن ها مشابه مواد گیاهی است و از اسیدهای چرب اشباع نشده به نام امگا ۳ در آبزیان وجود دارد که اثرات بسیار مهمی در سلامت انسان به عهده دارد و در پیشگیری از بسیار از بیماری ها و کنترل و کمک به بهبود اختلالات و عوارض مختلف نقش مهم و سازنده ای به عهده دارد. با توجه به نقش مهم ماهی سفید در اقتصاد شیلاتی و عدم انجام مطالعات کافی در ایران و برای آگاهی از وضعیت سلامتی ماهی سفید برای مصرف کنندگان

اندازه گیری شد که بالغ بر دو برابر از مقادیر استاندارد جهانی NHMRC بیش تر می باشد. هر چند مقدار غلظت فلز کادمیم در این تحقیق از نتایج گزارش تحقیق توسط Atli و Canli (۲۰۰۳) و Usero و همکاران (۲۰۰۳) در بافت عضله ماهی کفال بیش تر بوده و از مقادیر گزارش شده توسط Filazi و همکاران (۲۰۰۳) و هم چنین مقدار غلظت کادمیم بدست آمده از نتایج تحقیق توسط امینی رنجبر، ۱۳۸۱ و از نتایج تحقیق واردی (۱۳۸۰) در بافت عضلانی ماهی کفال طلائی *Mugil auratus* در سواحل جنوبی دریای خزر کم تر می باشد (جدول های ۱ و ۲).

توسط صباغ کاشانی (۱۳۸۰) و هم چنین از نتایج تحقیق Atli و Canli (۲۰۰۳) و از نتایج تحقیقات انجام شده توسط Filazi و همکاران (۲۰۰۳) و Usero و همکاران (۲۰۰۳) و امینی رنجبر و همکاران (۱۳۸۱) کم تر می باشد. قابل ذکر است که بررسی های انجام شده توسط Jaffar و همکاران (۱۹۹۸) بر روی بافت عضلانی ۱۷ گونه ماهی از جمله کفال در سواحل پنجاب هند با میانگین دامنه ۴۵/۱۶ تا ۰/۷۶۵ ppm بوده که از مقدار اندازه گیری شده برای عنصر سرب در تحقیق حاضر تا ۲۰ برابر بیش تر بوده است. میانگین غلظت فلز کادمیم در بافت عضله کفال طلائی

جدول ۱: مقایسه غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده با برخی از استانداردهای جهانی (ppm)

منابع	Cu	Pb	Zn	Cd	استاندارد ها
Biny and Ameyibor, 1992	۱۰	۰/۵	۱۰۰۰	۰/۲	WHO
Darmono and Denton 1990	۱۰	۱/۵	۱۵۰	۰/۰۵	NHMRC
Anon, 1993	۲۰	۲	۵۰	۰/۲	Uk (MAFF)
Merian, 1991	-	۰/۵	-	۰/۵	آلمان
لکزایی، ۱۳۸۹	۲/۵۲۴	۱/۴۴۱	۳۱/۰۸	۰/۱۰۹	ماهی کفال طلائی

فلزات سنگین از طریق حوزه های آبریز، پساب های کشاورزی و صنعتی باشد، هم چنین با توجه به موقعیت دریای خزر و نقش فعالیت های کشورهای تجاری و صنعتی کشورهای همسایه به ویژه سواحل باکو، آب های آلوده این سواحل از طریق جریان های دریایی به سواحل ایرانی تاثیر گذار بوده و بدین صورت علاوه بر فاضلاب های صنعتی و کشاورزی در سواحل جنوب غربی خزر آلاینده های آلی و معدنی دیگری نیز از سواحل آذر بایجان، به وسیله ای جریان های شمال غربی به جنوب غربی و جنوب دریای خزر، توانسته منطقه مورد مطالعه و سواحل ایرانی را آلوده

در جمع بندی نهایی نتایج، میزان تجمع فلزات سرب و کادمیم در بافت عضله ماهیان کفال طلائی در سواحل کیشهر بیش تر از غلظت فلزات فوق در بافت عضلانی ماهیان سواحل تالش می باشد که این افزایش احتمالا بدلیل ریزش فاضلاب های صنعتی و کشاورزی در مناطق مورد مطالعه بوده است. غلظت مس و روی در بافت ماهیان سواحل تالش در مقایسه با منطقه کیشهر دارای مقادیر بیش تری برخوردار بوده است. با وجود بر این میانگین غلظت سرب و کادمیم (برخی از استانداردها) از استانداردهای توصیه شده بیش تر می باشد که این امر می تواند به دلیل ورود آب های آلوده به

وضعیت زمین شناسی و ژئومورفولوژیک و در پی آن فرسایش و انحلال بیش تر این عناصر در منطقه مورد مطالعه می باشد.

نماید. علاوه بر منابع آلاینده ذکر شده ورود مستقیم و غیرمستقیم، فاضلاب های شهری، پساب های کشاورزی و صنعتی، آلودگی های ناشی از حمل و نقل دریایی و فعالیت های بندری (تجاری و صنعتی) و هم چنین

جدول ۲: مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت ماهی در نقاط مختلف دنیا (ppm)

گونه مورد مطالعه	منطقه جغرافیایی	Cd	Pb	Cu	منابع
<i>Mugil auratus</i>	Black Sea Turkey	۰/۱ - ۰/۴	۰/۵۷ - ۱/۱۲	۰/۳	Filaziet <i>et al.</i> , 2003
<i>Liza auratus</i>	Southern Atlantic coast	۰/۰۱۳ - ۰/۰۳	۰/۰۳ - ۰/۰۵	۰/۶ - ۰/۲	Usero <i>et al.</i> , 2003
<i>Mugil auratus</i>	Northeast Mediterranean Ataturk Dam Lake Turkey	۰/۶۶	۵/۳۲	۴/۴۱	Canli and Atli, 2003
<i>Liza abu</i>	Fayoum Governorate, Egypt	-	-	۱/۳۶	Karaded <i>et al.</i> 2003
<i>Mugil sp.</i>		۰/۷۳	۶/۶	۵/۷	Mansour and Sidky, 2002
<i>Mugil auratus</i>	سواحل جنوبی دریای خزر	-	۳	-	فاضلی و همکاران، ۱۳۷۹
<i>Mugil auratus</i>	سواحل جنوبی دریای خزر	-	۳/۰۱	-	صباغ کاشانی، ۱۳۸۰
<i>Mugil auratus</i>	سواحل جنوبی دریای خزر	۰/۳۲۱	۲/۳۳۷	۰/۹۹۶	امینی و همکاران، ۱۳۸۱
<i>Mugil auratus</i>	سواحل جنوبی دریای خزر	۰/۳۲	۲/۳۱	۱	واردی، ۱۳۸۲
<i>Mugil auratus</i>	سواحل جنوبی دریای خزر	۰/۱۰۹	۱/۴۴۱	۲/۵۲۴	لکزایی، ۱۳۸۹

منابع

۱. امینی رنجبر، غ.، ستوده نیا، ف.، ۱۳۸۱. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلائی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخات بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران، ۱۴(۳)، پاییز ۱۳۸۴. ۱-۱۸.
۲. فاضلی، م.، ۱۳۷۹. سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت های ماهی کفال (*Liza auratus*) سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴(۱)، بهار ۱۳۸۴. ۶۵-۷۴.
۳. صباغ کاشانی، آ.، ۱۳۸۰. تعیین برخی فلزات سنگین در عضله، کبد، کلیه، آبشش و تخمدان ماهی کفال (*Liza auratus*) در سواحل جنوبی دریای خزر. پایان نامه
۴. صادقی راد، م.، امینی رنجبر، غ.، ارشد، ع.، جوشیده، ه.، ۱۳۸۴. مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیم، سرب، جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی، ازون برون حوضه جنوبی دریای خزر، مجله علمی شیلات ایران. ۱۴(۳)، ۷۹-۱۰۰.
۵. وفائی، م.، ۱۳۷۹. بررسی تعیین عناصر سنگین در دو گونه ماهی سفید و کپور در سواحل جنوبی دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۹۸ صفحه.

- Bulletin of Environmental Contamination Toxicology, 44, 479-486.
14. Filazi, A., Baskaya, R., Kum, C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from sinop-Icliman. Turkey. Human & Experimental Toxicology. www.hetjournal.com, 22, 85-87.
 15. Jaffar, M., Ashraf, M., Rasool, A., 1998. Heavy metals contents in some selected local freshwater fish and relevant waters. Pakistan scientific and industrial research, 31, 189-193.
 16. Karadede, H., Oymak, S.A., Unlu, E., 2003. Heavy in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Environment International. In press corrected proof available online at www.sciencedirect.com.
 17. Mansour, S.A., Sidky, M.M., 2002. Heavy metals contaminating water and fish from fayoum Governorate, Egypt, Food Chemistry, 78, 15-22.
 18. Merian, E., 1991. Metal and their compounds in the environment. Occurrence analysis and biological relevance. VCH, Weinheim. 704p.
 19. Pourang, N., Tanabe, S., Rezvani, S., Dennis, J.H., 2005. Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. Environment Monitoring Assessment, 100 (1-3), 89-108.
 20. Usero, J., Izquierdo, C., Morillo, J., Gracia, I., 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Environment International, 29, 949-956.
۶. واردی، س.، ۱۳۸۲. خلاصه مقالات همایش بین المللی دریای خزر، بابلسر دانشگاه مازندران - دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، ۲۳۵-۲۳۵.
7. Agusa, T., Kainito, T., Tanabe, S., Pourkazemi M., Aubrey, D.G., 2004. Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 49(9-10), 789-800.
 8. Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov, I., Aubrey, D.G., 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 51(8-12), 882-888.
 9. Anon., 1993. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of waste at the sea. Aquatic environment monitoring report. Ministry of Agriculture, Fisheries & food, LOWESTOFT, 36, 78 p.
 10. Baldwin, D.R., Marshall, W.J., 1999. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation, 36, 267-300.
 11. Biny, C.A., Ameyibor, E., 1992. Trace metal concentration in the pink shrimp *Penaeus notialis* from the coast of Ghana. Water, Air and Soil pollution, 63, 273-279.
 12. Canli, M., Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, and Zn) levels and the size of Mediterranean fish species. Environment pollution, 121, 129-136.
 13. Darmono, D., Denton, G.R.W., 1990. Heavy metal concentration in the banana prawn *Penaeus merguensis* and leader prawn *P. monodon* in the Townsville region of Australia.