



Original Research Paper

Investigating the amounts of some heavy metals in muscle and liver tissues of golden grey mullet (*Chelon auratus*) in the coasts of Guilan province

Zahra Haghighi Pashtiri ¹, Somayeh Haghighi Karsidani ^{*1}, Javad Daghigh Roohi ²

¹ Department of Fisheries, Bandar Anzali Branch, Islamic Azad University, Bandar Anzali, Iran

² Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran

Key Words

Chelon auratus
Heavy metals
Muscle
Liver
Caspian Sea
Guilan

Abstract

Introduction: Mullet makes a significant part of the bony fish catch in the Caspian Sea. The entry of heavy metals in organic and inorganic forms into water resources and its bioaccumulation in edible fish is very important in terms of public health.

Materials & methods: During fishing season of 2022-2023, 27 mullets (*Chelon auratus*) were prepared from the fishing area in the Caspian Sea in Guilan province in order to determine the number of heavy metals in the muscle and liver tissues using spectrophotometer ICP-OES device. The purpose of this study was to compare the number of heavy metals measured with the valid international standards of WHO, FAO, MAFF and European Union.

Results: For arsenic, cadmium, lead, mercury, copper, zinc and iron heavy metals, the average results were measured 0.377 ± 0.323 , 0.127 ± 0.086 , 0.182 ± 0.077 , 0.125 ± 0.075 , 0.432 ± 0.481 , 2.420 ± 2.550 and 6.870 ± 9.170 $\mu\text{g/gr}$ respectively in the muscle tissue of golden mullet. Measuring the amount of these heavy metals in the liver tissue of the examined fish and comparing it with the muscle tissue showed that in all cases, the accumulation of metals in the liver is higher.

Conclusion: Comparison of the heavy metal accumulation investigated with international valid standards showed that in all cases the amount of these heavy metals in the edible tissue of fish (muscle) is lower than the standard of the WHO, FAO and MAFF. In comparison with the standard of the European Union, except for two metals arsenic and cadmium, the accumulation of other heavy metals investigated in the muscles of golden mullet of the Caspian Sea was within the standard range.

* Corresponding Author's email: haghighikarsidani@yahoo.com

Received: 29 July 2023; Reviewed: 2 September 2023; Revised: 4 November 2023; Accepted: 8 December 2023

(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.1.10

مقاله پژوهشی

بررسی میزان برخی از فلزات سنگین در بافت‌های عضله و کبد ماهی کفال طلایی دریای خزر *Chelon auratus* (Risso, 1810) در سواحل جنوبی دریای خزر در استان گیلان

زهرا حقیقی‌پشتیری^۱، سمیه حقیقی کارسیدانی^{۱*}، جواد دقیق‌روحي^۲

^۱ گروه شیلات، واحد بندرانزلی، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرانزلی، ایران

^۲ پژوهشکده آبی‌پرووری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، بندرانزلی، ایران

کلمات کلیدی

چکیده

کفال طلایی

تجمع فلزات سنگین

بخش خوراکی ماهی

کبد

دریای خزر

گیلان

مقدمه: کفال ماهیان بخش قابل توجهی از صید ماهیان استخوانی دریای خزر را به خود اختصاص می‌دهند. ورود فلزات سنگین در فرم‌های آلی و غیرآلی به منابع آبی و تجمع زیستی آن در ماهیان خوراکی می‌تواند از منظر سلامت عمومی بسیار حائز اهمیت باشد. **مواد و روش‌ها:** به منظور تعیین میزان فلزات سنگین در بافت‌های عضله و کبد ماهی کفال طلایی (*Chelon auratus*) در فصل صید ۱۴۰۱-۱۴۰۰ تعداد ۲۷ عدد ماهی کفال از پره‌های صیادی استان گیلان تهیه و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ICP-OES میزان فلزات سنگین در این ماهیان اندازه‌گیری شد. هدف از این بررسی مقایسه میزان فلزات سنگین مورد سنجش با استانداردهای معتبر بین‌المللی WHO، FAO، MAFF و اتحادیه اروپا بود.

نتایج: میانگین فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، جیوه، مس، روی و آهن در بافت عضله ماهی کفال طلایی به ترتیب $6/87 \pm 9/170$ و $2/2 \pm 420/550$ ، $0/0 \pm 432/481$ ، $0/0 \pm 125/075$ ، $0/0 \pm 182/077$ ، $0/0 \pm 127/086$ ، $0/0 \pm 377/323$ میکروگرم در گرم اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان این فلزات سنگین در بافت کبد ماهیان مورد بررسی و مقایسه آن با بافت عضله نشان داد که در همه موارد میزان تجمع فلزات در کبد بیش‌تر است.

بحث و نتیجه‌گیری: مقایسه تجمع فلزات سنگین مورد بررسی با استانداردهای معتبر جهانی نشان داد که در همه موارد میزان این فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهی (عضله) کم‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار جهانی (FAO) و وزارت شیلات و کشاورزی انگلیس (MAFF) است. در قیاس با استاندارد اتحادیه اروپا (European Union) نیز به استثناء دو فلز آرسنیک و کادمیوم، تجمع سایر فلزات سنگین در عضلات در محدوده استاندارد بود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: haghighikarsidani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۷ مرداد ۱۴۰۲؛ تاریخ داوری: ۱۱ شهریور ۱۴۰۲؛ تاریخ اصلاح: ۱۲ آبان ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۷ آذر ۱۴۰۲

(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.1.10

مقدمه

فلزات سنگین همگام با رشد صنعتی و اقتصادی و تولید ترکیبات مختلف به طور ناخواسته به طبیعت وارد شده که برای محیط اطراف و هم برای بشر و سایر جانداران مشکلات و خطرات جدی به همراه دارد (۱). در دهه‌های اخیر محیط‌های دریائی به وسیله طیف وسیعی از آلاینده‌ها نظیر اکتشافات نفتی، فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی و منابع آلودگی مانند اکتشافات نفتی آلوده شده‌اند. آلودگی آب‌های مناطق ساحلی به فلزات سنگین یکی از نگرانی‌ها در نواحی ساحلی است زیرا از طریق تنفس، هضم و جذب موجب تجمع زیستی در داخل بدن موجودات آبی می‌شوند (۲). به طور کلی فلزات از نظر زیستی به دو گروه ضروری (شامل مس، روی، کروم، نیکل، کبالت، مولیبدن و آهن) و غیرضروری (شامل آلومینیوم، کادمیم، جیوه، قلع و سرب) تقسیم می‌شوند. فلزات سنگین علاوه بر حضور در سیستم‌های طبیعی مختلف ممکن است در اثر فعالیت‌های بشری نیز تولید شوند. چنانچه در محیط غلظت فلزات سنگین غیر ضروری افزایش یابد، سمیت آن‌ها در سیستم‌های محیطی افزایش پیدا می‌کند (۳). در اکوسیستم‌های آبی نظیر آب دریا، چشمه‌های آب گرم، آب‌های زیر زمینی، رودها و دریاچه‌ها مقادیر معتدله‌ای آرسنیک، به صورت آرسنات و آرسنیت با غالبیت بیش تر آرسنات وجود دارند. به علاوه فرم‌های معدنی و غیر معدنی آن‌ها نیز موجود است. در ماهیان بیش‌ترین تجمع زیستی آرسنیک در اندام‌های کبد و کلیه رخ می‌دهد (۴). جیوه یکی دیگر از مهم‌ترین انواع فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی است. متیل جیوه (MeHg) فرمی از جیوه است که به صورت زیستی در دسترس است و بسیار سمی و پایدار بوده و به صورت بسیار کارآمدی توسط غذا جذب می‌شود (۵). متیل جیوه در انسان می‌تواند موجب بروز علائمی نظیر اختلال بینائی و شنوایی، سردرد، گزگز، بی‌حسی، سوزش پوست در نواحی مختلف، مشکلات حرکتی و عدم هماهنگی، خستگی، لرزش و آتاکسی در افراد الکلی و هم چنین بروز بیماری مینیما تا شود. سرب به عنوان یک عنصر سمی و خطرناک از طریق فعالیت‌های انسان به مقدار زیاد وارد محیط طبیعی می‌شود و به رغم تحرک ژئوشیمیایی کم آن این فلز در تمام دنیا پخش شده است. حداکثر استفاده از سرب با شروع استفاده صنعتی از معادن و شروع استفاده متالورژی از آن در سال ۱۷۵۰ رخ داد. در سال ۱۹۴۰ ترکیبات تترا آلکیل سرب جهت کاهش فرسایش موتور به بنزین افزوده شد به طوری که امروزه ۹۸-۹۵٪ سرب موجود در محیط در اثر فعالیت‌های انسان می‌باشد (۶). فلزاتی نظیر مس در تراکم پایین برای انسان سمی نیست و وجود آن به عنوان یک عنصر ضروری برای فعالیت صحیح آنزیم‌ها حیاتی می‌باشد.

بنابراین وجود مداوم عنصر مس در جیره غذایی ضروری است (۷). تغییرات در متابولیسم مس می‌تواند به صورت انواع بیماری‌های ژنتیکی و غیرژنتیکی نمود پیدا کند که می‌توان به انواع التهاب، سرطان، تصلب شرائین و کم خونی اشاره نمود. از جمله اثرات ژنتیکی کمبود مس می‌توان به سندرم منکس (Menkes syndrome) و در غلظت‌های بالا به بیماری ویلسون اشاره نمود. غلظت‌های بالای مس تنها زمانی گزارش شده‌اند که آبزیان توسط فعالیت‌هایی نظیر استخراج معدن توسط انسان آلوده شده‌اند (۸). به موازات گسترش صنایع میزان فلزات سنگین نیز به صورت هشدار دهنده‌ای در محیط افزایش می‌یابد. این فلزات سمی از طریق فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و همچنین منابع طبیعی منتشر شده و در نهایت از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می‌شوند. فلزات سنگین به دلیل سمیت، تجزیه پذیری دشوار، ماندگاری طولانی، تجمع زیستی آسان و بزرگ‌نمایی در زنجیره غذایی اهمیت ویژه‌ای در بررسی سم‌شناسی محیط زیستی دارند. نوع آلودگی، گونه ماهی، محل نمونه برداری، سطح تروپی و نوع تغذیه آن‌ها از فاکتورهای کلیدی در ارزیابی آلودگی است (۹). بنابراین همان‌طور که اشاره شد فلزات سنگین علاوه بر خطرناک بودن برای موجودات آبی، می‌توانند با تجمع زیستی و از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل و موجب بروز بیماری شوند. اثرات تجمعی فلزات یا سمیت مزمن آن‌ها ممکن است حتی در نتیجه تماس طولانی مدت با غلظت‌های پائین این فلزات نیز رخ دهد. شرایط تجمع فلزات سنگین به گونه، شرایط محیطی و عوامل بازدارنده بستگی دارد. دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه جهان و یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی جهان به شمار می‌رود. سالانه حدود ۳۰۰ کیلومتر مکعب آب توسط ۱۳۰ رودخانه از کشورهای مختلف به این دریا می‌ریزد و آلودگی‌های شیمیایی مختلفی را به این دریا حمل می‌کند. تخلیه مستقیم یا غیر مستقیم انواع فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی، خانگی به این دریاچه و انجام فعالیت‌هایی نظیر استخراج نفت و گاز تهدیدی انکارناپذیر برای سلامت آبزیان و مصرف کنندگان آن محسوب می‌گردد. ماهی کفال طلایی (*Chelon auratus*) و کفال پوزه باریک (*Chelon saliens*) نخستین بار در طی سال‌های ۱۳-۱۳۰۹ از دریای سیاه به دریای خزر معرفی شده‌اند (۱۰). اگرچه کفال ماهیان بومی دریای خزر نبوده و به عنوان گونه اگزوتیک شناخته می‌شوند. اما امروزه مجموع صید کفال ماهیان و ماهی سفید بالغ بر ۸۵٪ از صید ماهیان استخوانی دریای خزر را تشکیل می‌دهند (۱۱). بنابراین کفال ماهیان دریای خزر جایگاه ویژه‌ای در سبد مصرف مردم و اقتصاد شیلاتی داشته و بررسی و پایش سلامت این ماهیان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مواد و روش‌ها

در فصل زمستان و اوایل بهار ۱۴۰۰ تعداد ۲۷ عدد ماهی کفال طلائی (*Chelon auratus*) با میانگین وزنی $112/91 \pm 462$ گرم و طول کل $2/55 \pm 39/63$ سانتی متر به طور تصادفی از شرکت‌های تعاونی پره صیادی نواحی مختلف استان گیلان (در شهرهای آستارا، بندر انزلی، بندر کیاشهر و چابکسر) تهیه و به وسیله یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه بخش بهداشت و بیماری‌های پژوهشکده آبی‌پرووری آب‌های داخلی منتقل شدند. در آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها مورد زیست‌سنجی و تعیین جنسیت قرار گرفتند. بافت‌های مورد نظر (عضله و کبد) جدا و به وسیله آب مقطر شستشو داده شدند و به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس نمونه‌ها با استفاده از هاون چینی کاملاً پودر شده و مقدار ۱ گرم از هریک از نمونه‌ها به دقت توزین و به لوله‌های مخصوص (فالکون) انتقال داده شدند. برای هضم به روش تر به هریک از نمونه‌ها نخست ۴ میلی گرم اسید نیتریک ۶۵٪ (HNO_3) اضافه شد. نمونه‌ها جهت هضم اولیه در دمای اتاق به مدت یک ساعت در زیر هود قرار داده شدند. سپس ۱/۵ میلی گرم اسیدپرکلریک (HClO_4) به هریک از نمونه‌ها اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت برای تکمیل مرحله هضم بر روی دستگاه هات‌پلیت با دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. کلیه نمونه‌ها پس از هضم در دمای محیط قرار گرفتند تا خنک شوند. سپس نمونه‌ها با استفاده از آب دیونیزه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شدند و برای جداسازی ناخالصی‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن (۴۲ میکرون) فیلتر شدند. نمونه‌های فیلتر شده تا زمان آنالیز در ظروف پلی‌اتیلنی درب‌دار در شرایط سرد یخچال نگهداری شدند. برای سنجش میزان فلزات سنگین در نمونه‌های هضم شده از دستگاه ICP-OES مدل ESPECTRO ARCOS استفاده شد (۱۲). تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک آنالیز t-test با یکدیگر مقایسه و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد تعیین گردید ($p < 0.05$).

نتایج

در جدول ۱ غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در دو بافت کبد و عضله ماهی کفال طلائی مورد مقایسه قرار گرفته است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود غلظت عناصر آرسنیک، مس و آهن در دو بافت کبد و عضله ماهی کفال طلائی دارای اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند ($p < 0.05$). در مورد غلظت عناصر کادمیوم، جیوه، سرب و روی نیز اگرچه تفاوت آماری بین بافت‌های عضله و کبد مشاهده نشد اما در همه موارد میزان این عناصر در بافت کبد به مقدار قابل توجهی بیش‌تر از عضله بود.

جدول ۱: میانگین، حداقل و حداکثر غلظت میکروگرم بر گرم ($\mu\text{g/g}$) فلزات سنگین در اندام‌های عضله و کبد کفال طلائی استان گیلان

نوع فلز	اندام	معیار $\pm$ میانگین	انحراف	حداقل	حداکثر
آرسنیک (As)	عضله	$0.0 \pm 377/323^a$		۰/۰۳۵	۰/۹۴۵
	کبد	$0.0 \pm 823/586^b$		۰/۰۶۸	۱/۵۷۷
کادمیوم (Cd)	عضله	$0.0 \pm 127/0.86^a$		۰/۰۶۶	۰/۱۸۹
	کبد	$0.0 \pm 224/213^a$		۰/۰۲۲	۰/۴۴۰
سرب (Pb)	عضله	$0.0 \pm 182/0.77^a$		۰/۰۸۷	۰/۳۱۰
	کبد	$0.0 \pm 275/175^a$		۰/۱۱۴	۰/۵۷۵
جیوه (Hg)	عضله	$0.0 \pm 125/0.75^a$		۰/۰۶۳	۰/۲۷۱
	کبد	$0.0 \pm 214/190^a$		۰/۰۷۳	۰/۵۱۸
مس (Cu)	عضله	$0.0 \pm 432/481^a$		۰/۰۲۷	۱/۳۳۶
	کبد	$1/2 \pm 947/247^b$		۰/۰۵۵	۵/۲۹۸
روی (Zn)	عضله	$2/2 \pm 420/550^a$		۰/۲۲۷	۷/۷۵۴
	کبد	$4/3 \pm 730/670^a$		۰/۴۰۵	۹/۵۳۷
آهن (Fe)	عضله	$6/9 \pm 870/170^a$		۰/۳۸۷	۲۶/۸۱۰
	کبد	$17/1 \pm 2240/0.70^b$		۰/۷۳۷	۳۷/۸۸۰

a، b. حروف انگلیسی متفاوت در ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در غلظت هر عنصر بین اندام‌های عضله و کبد می‌باشد.

مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت عضله دو جنس نر و ماده ماهی کفال طلائی در جدول ۲ نشان داد هیچ اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نمی‌شود ($p > 0.05$).

جدول ۲: میانگین، حداقل و حداکثر غلظت میکروگرم بر گرم ($\mu\text{g/g}$) فلزات سنگین در عضله ماهیان نر و ماده کفال طلائی

نوع فلز	جنس	معیار $\pm$ میانگین	انحراف	حداقل	حداکثر
آرسنیک (As)	نر	$0.0 \pm 71/63^a$		۰/۰۳۵	۰/۹۴۵
	ماده	$0.0 \pm 44/31^a$		۰/۰۵۷	۰/۶۳۵
کادمیوم (Cd)	نر	$0.0 \pm 0.66/0.0^a$		ND*	۰/۰۶۶
	ماده	$0.0 \pm 189/0.0^a$		ND*	۰/۱۸۹
سرب (Pb)	نر	$0.0 \pm 195/0.90^a$		۰/۰۸۷	۰/۳۰۹
	ماده	$0.0 \pm 155/0.43^a$		۰/۱۱۲	۰/۱۹۹
جیوه (Hg)	نر	$0.0 \pm 114/0.80^a$		۰/۰۶۳	۰/۲۷۱
	ماده	$0.0 \pm 152/0.68^a$		۰/۱۰۴	۰/۲۰۱
مس (Cu)	نر	$0.1 \pm 921/136^a$		۰/۰۲۷	۱/۳۳۶
	ماده	$0.0 \pm 219/200^a$		۰/۰۶۸	۰/۴۴۷
روی (Zn)	نر	$2/2 \pm 0.5/85^a$		۰/۲۲۷	۷/۷۵۴
	ماده	$3/2 \pm 153/12^a$		۰/۷۵۶	۴/۸۲۲
آهن (Fe)	نر	$5/6 \pm 477/261^a$		۰/۳۸۶	۱۷/۱۶۸
	ماده	$9/1 \pm 663/0.0^a$		۰/۷۸۱	۲۶/۸۶۵

حرف انگلیسی a یکسان در ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در غلظت عناصر بین دو جنس نر و ماده می‌باشد. * مقدار غیرقابل تشخیص (Not Detected)

آورده شده است.

در جدول ۳ برخی از استانداردهای معتبر بین‌المللی به منظور مقایسه با غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در این بررسی

جدول ۳: مقدار قابل پذیرش فلزات سنگین در گوشت ماهی میکروگرم بر گرم (µg/gr) بر اساس استانداردهای جهانی

استاندارد	آرسنیک (As)	کادمیوم (Cd)	مس (Cu)	جیوه (Hg)	سرب (Pb)	روی (Zn)	آهن (Fe)	منبع
اتحادیه اروپا (European Union)	۰/۱	۰/۱	۳۰	۰/۵	۰/۵	-	-	۱۳
وزارت شیلات و کشاورزی انگلیس (MAFF)	-	۰/۲	۲۰	-	۲	۵۰	-	۱۴-۱۵
سازمان بهداشت جهانی (WHO)	۱	۰/۲	۳۰	۰/۵	۰/۵	-	۱۰۹	۱۴-۱۵
سازمان خوار و بار جهانی (FAO)	۱	۰/۵	۳۰	۰/۵	۲	۳۰	۱۸۰	۱۴

بحث

مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۱ نشان داد تجمع کلیه فلزات سنگین مورد بررسی در بافت خوراکی ماهی کفال طلائی (عضله) نسبت به بافت کبد در حد بسیار کم‌تری قرار دارد و حتی غلظت عناصر آرسنیک، مس و آهن در بافت عضله این ماهیان به طور معنی‌داری کم‌تر از بافت کبد می‌باشد ($P < 0.05$). احتمالاً بیش‌تر بودن غلظت فلزات سنگین در بافت کبد در قیاس با بافت عضله به دلیل نقش فیزیولوژیک کبد در متابولیسم ماهی است. بررسی‌های گذشته نشان داده که بافت‌های هدف فلزات سنگین بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش هستند که از نظر متابولیسمی فعال می‌باشند (۱۶). کبد در جذب و نگه‌داری فلزات سنگین بسیار فعال است. ماهی‌ها به هنگام مواجهه با فلزات سنگین به ویژه در اندام کبد با تولید متالوتیونین‌هایی که با فلزات باند می‌دهند عمل می‌کنند (۱۷) اغلب بافت عضله به دلیل فعالیت متابولیسمی کم‌تر دارای پائین‌ترین تجمع فلزات سنگین نسبت به بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش می‌باشند (۱۶). ترتیب فراوانی فلزات سنگین مورد بررسی در بافت عضله ماهی کفال طلائی بر مبنای غلظت آن‌ها در این بررسی به صورت $Cd > Hg > Pb > As > Cu > Zn > Fe$ بوده است. مقایسه تجمع فلزات سنگین مورد بررسی با استانداردهای معتبر جهانی (جدول ۳) نشان داد که در همه موارد میزان این فلزات سنگین در بافت خوراکی ماهی (عضله) کم‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خوار و بار جهانی (FAO) است. در قیاس با استاندارد اتحادیه اروپا (European Union) نیز به استثناء دو فلز آرسنیک و کادمیوم تجمع سایر فلزات سنگین مورد بررسی در عضلات کفال ماهیان در محدوده استاندارد بود. همان‌طور که در جدول ۴ آورده شده میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده در سایر مطالعات دو دهه اخیر دریای خزر نیز در عضله ماهی کفال طلائی بیش‌تر از استاندارد اروپا بوده است و با این تحقیق مطابقت می‌نماید (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱). در

مطالعه انجام شده بر روی کفال طلائی در دریای سیاه و ماهی کپور معمولی در دریاچه بافراه در کشور ترکیه نیز میزان کادمیوم بیش‌تر از استاندارد اروپا بود (۲۲، ۱۶). در مجموع میزان تجمع فلزات غیر ضروری (نظیر کادمیوم، آرسنیک، جیوه و سرب) در موجودات آبی به طور مستقیم به میزان آن‌ها در محیط بستگی دارد (۲۳). برخی از محققین علت بالا بودن سرب و کادمیوم را ناشی از ساختار زمین شناسی منطقه یا وجود منابع آلاینده حاصل از فعالیت‌های انسانی و هم‌چنین ورود مواد آلی و معدنی از سواحل شمالی به سمت سواحل جنوبی دریای خزر اعلام کرده‌اند (۲۴). مقایسه تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان نر و ماده در جدول ۲ نشان داد که عامل جنسیت تأثیر معنی‌داری بر روی میزان تجمع این عناصر ایجاد نمی‌کند. از بین عناصر بررسی شده و ارتباط آن با جنسیت میزان عنصر کادمیوم در ماهیان نر تا حدودی کم‌تر از جنس ماده بوده و حتی در محدوده استاندارد اروپا قرار می‌گیرد. در مطالعه انجام شده توسط Al-Yousuf و همکاران، در خصوص غلظت فلزات روی، مس و منگنز در ماهیان خانواده Lethrinidae در خلیج فارس، در رابطه با جنسیت این نتیجه حاصل شد که ماهیان ماده در مقایسه با ماهیان نر جاذب بیش‌تری از عناصر مورد بررسی هستند. نتیجه بررسی این محققین با میزان تجمع کم‌تر عنصر کادمیوم در ماهیان نر کفال مطابقت می‌نماید اما در مورد سایر عناصر جنسیت تأثیری در میزان تجمع فلزات سنگین در ماهی کفال نداشت و این نتیجه با نتایج به دست آمده از مطالعاتی که در گذشته بر روی ماهی کفال طلائی و ماهی سفید دریای خزر انجام شده هم‌خوانی دارد (۱۸، ۲۶). در مطالعه انجام شده بر روی ماهی کاراس در کشور ترکیه نیز مشخص شد، جنسیت ماهی تأثیری در میزان تجمع فلزات سنگین ندارد (۲۷). بخش عمده آرسنیک در محیط‌های آبی از علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و سایر سموم کشاورزی ناشی می‌گردند. متأسفانه آمار دقیقی از میزان مصرف این ترکیبات در دست نمی‌باشد. اگرچه میزان آرسنیک در عضلات ماهیان مورد بررسی بیش‌تر از استاندارد اتحادیه اروپا بود اما

بسیار مهمی هستند که می‌توانند خطرات بالقوه‌ای را برای سلامتی انسان و محیط زیست ایجاد کنند.

خوشبختانه حدود ۹۰٪ از آرسنیک موجود در بافت عضلات ماهیان به فرم غیر سمی آرسنوبتائین در پیکر ماهیان ذخیره می‌گردد (۹). فلزات غیرضروری (Non-Essential Metals: NEMs) آلاینده‌های

جدول ۴: میزان فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی کفال طلایی در سایر مطالعات

منبع	فلزات سنگین مورد بررسی (µg/gr)							اندام	موقعیت جغرافیایی
	Fe	Zn	Pb	Hg	Cu	Cd	As		
۱۶	-	-	۰/۱-۶۰/۲۱	-	۰/۱-۳۰/۰۰	۰/۰-۱۰/۴۰	-	عضله	ترکیه (دریای سیاه)
۱۶	-	-	۰/۱-۵۷/۱۲	-	۰/۱-۴۹/۳۰	۰/۰-۱۵/۵۰	-	کبد	ترکیه (دریای سیاه)
۱۸	-	۱۴/۳۲۷	۲/۳۳۷	-	۰/۹۹۶	۰/۳۲۱	-	عضله	ایران (شرق دریای خزر)
۱۹	-	۱۴/۳۳	۲/۳۱	-	۱/۰۰	۰/۳۲	-	عضله	ایران (شرق دریای خزر)
۲۰	-	۳۵-۶۸	۱/۱-۳۹/۴۸	-	۳-۰/۵۳	۰-۱/۲۷	-	عضله	ایران (دریای خزر)
		۲۶/۴۸			۱/۹۹۵	۰/۰۹۲			
۲۰	-	۳۶-۰/۲۱	۲-۰/۴۱	-	۵-۰/۲۴	۰-۱/۲۵۶	-	کبد	ایران (دریای خزر)
		۳۰/۰۲۲	۱/۸۶۵		۳/۵۵۴	۰/۱۸۵			
۲۱	۶۹/۱۷±۹۳	۱۹/۳±۳۳/۰۷	۱/۰±۶۵/۳۹	۰/۰±۲/۰۷	۷/۲±۲۰/۵۳	۰/۰±۶۸/۳۲	۰/۰±۰۹/۴	عضله	ایران (دریای خزر)

(*Delphinus delphis*) stranded on the Portuguese coast. Sci Total Environ. 273: 61-76.

3. Authman, M.M.N., Zaki, M.S., Khallaf, E.A. and Hossam, H.A., 2015. Use of fish as Bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. Journal of Aquaculture Research and Development. 6(4): 1-13.
4. Kumari, B., Kumar, V., Sinha, A.K., Ahsan, J., Ghosh, A.K., Wang, H. and De Boeck, G., 2017. Toxicology of arsenic in fish and aquatic systems. Environmental Chemistry Letters. 15(1): 43-64.
5. Scheuhammer, A., Braune, B. and Hing Man Chan, L., 2015. Recent progress on our understanding of the biological effects of mercury in fish and wildlife in the Canadian Arctic. Science of The Total Environment. 509: 91-103.
6. Khanipour, A., Shahmohammadi, H., Metabli, A., Lakzaei, F. and Zare Geshti, Q., 2015. Investigating the status of accumulation of heavy metals in the edible tissue of some fishes of Anzali International Wetland. Final report of the research project. 99 p. (In Persian)
7. Linder, M.C. and Hazegh-Azam, M., 1996. Copper biochemistry and molecular biology. Am J Clin Nutr. 63(5): 797S-7811.
8. White, S.L. and Rainbow, P.S., 1985. On the metabolic requirements for copper and zinc in molluscs and crustacean. Marine Environmental Research. 16(3): 215-229.
9. Dokmeci, A., Sabudak, T. and Dalmis, V., 2019. Bioaccumulation of essential and toxic metals in four different species of bottom fish in the Marmara Sea, Tekirdag, Turkey: risk assessment to human health. Desalination and water treatment. 148: 213-221.
10. Aslan Parviz, H., 1991. Caspian Sea mullet. Aquatic Scientific Research Monthly. 14: 15-26.
11. Fazli, H., Sayadburani, M., Daryanbard, G., Bandani, A. and Pourghlami, M., 2021. Evaluation of stocks and determination of bony fish catch status in Iranian coasts of Caspian Sea 1399-1397. Fisheries Science Research Institute of the country, final report of the research project. Registration number 60014: 88. (In Persian)

از آن جایی که فرآیند تجزیه فلزات سنگین بسیار طولانی است و سال‌ها در اکوسیستم باقی می‌ماند و سلامت آبزیان و جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهند؛ ضروری است اقدامات جدی جهت پیشگیری از ورود آن‌ها به محیط زیست صورت پذیرد. در این راستا به منظور جلوگیری از ورود فلزات سنگین به دریا ضروری است پساب کارخانجات و کارگاه‌های منطقه مورد بررسی قرار گرفته، مواد آلاینده موجود در پساب خروجی آن‌ها شناسائی و تصفیه مناسب پس‌آب‌های حاصل از فعالیت‌های صنعتی الزامی گردد. ممانعت از تخلیه مستقیم فاضلاب‌های شهری، بهداشتی و کشاورزی به منابع آبی با احداث سیستم‌های تصفیه فاضلاب به پیشگیری و رفع آلودگی اکوسیستم‌های آبی کمک شایانی خواهند نمود. شیوه‌ناصحیح دیو و دفع زباله در حاشیه شهرهای استان گیلان منجر به نشت و هدایت شیرابه به آب‌های زیرزمینی، رودها و در نهایت دریا می‌گردد که لازم است در این زمینه چاره‌اندیشی گردد. محدود نمودن مصرف کودهای شیمیائی و سموم دفع آفات با حمایت و ترویج مبارزه بیولوژیک با آفات از دیگر پیشنهاداتی است که می‌توان در جهت پیشگیری از آلودگی ماهیان به فلزات سنگین ارائه نمود.

منابع

1. Abolhasan, R., 2021. Assessment of some heavy metals concentrations in substrate sediments and muscle of farmed Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the margin of Bashar River (kohgiluyeh-Boyerahmad). Journal of Animal Environment. 13(2): 287-294. (In Persian)
2. Zhou, J., Salvador, S., Liu, Y. and Sequeira, M., 2001. Heavy metals in the tissues of common dolphins

- and sexual rest. Journal of natural environment. 71(1): 125-137.
25. **Al-Yousuf, M.H., 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. Total Environment. 256: 87-94.
 26. **Dadar, M., Adel, M., Nasrollahzadeh Saravi, H. and Dadar, M., 2016.** A comparative study of trace metals in male and female Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) from the southern basin of Caspian Sea. Environ Sci Pollut Res. doi 10.1007/s11356-016-6871-2
 27. **Kacar, E., 2022.** Relationship of concentrations of some Heavy metals with fish size in muscle tissue of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) from the Tigris River (Turkey). Journal of Science and Technology. 15(2): 475-484.
 12. **Neugebauer, E.A., Sans Cartier, G.L. and Wakeford, B.J., 2000.** Methods for the determination of metals in wildlife tissues using various atomic absorption spectrophotometry techniques. Canadian Wildlife Service. 65 p.
 13. **Yu, B., Wang, X., Dong, F.K., Xiao, G. and Ma, D., 2020.** Heavy metal concentrations in aquatic organisms (fishes, shrimp and crabs) and health risk assessment in China. Marine pollution Bulletin. 159.
 14. **Saleem, M., Shi, Z. and Shah, M.H., 2021.** Evaluation of Contamination status and Health Risk assessment of essential and toxic metals in *Cyprinus carpio* from Mangla Lake, Pakistan Biological Trace Element Research. Doi: 10.1007/s12011-020-02540-x
 15. **Pourang, N., Nikouyan, A. and Dennis, J.H., 2005.** Trace Element Concentrations in Fish, Surficial Sediments and Water from Northern Part of the Persian Gulf. Environ Monit Assess. 109: 293-316.
 16. **Filazi, N., Baskaya, R., Kum, C. and Hismiogullari, S.E., 2003.** Metal concentrations in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. Human & Experimental Toxicology. 22: 85-87.
 17. **Kargin, F., 1988.** Metal concentrations in tissues of the fresh-water fish *Capoeta barroisi* from the Seyhan River (Turkey). Bull Environ Contam Toxicol. 60: 822-828.
 18. **Amini Ranjbar, G. and Sotoudhnia, F., 2005.** Accumulation of heavy metals in the muscle tissue of golden mullet (*Mugil auratus*) of the Caspian Sea in relation to some biometric characteristics (standard length, weight, age and gender). Scientific Journal of Iranian Fisheries. 14(3): 1-18. (In Persian)
 19. **Nasralzadeh Saravi, H., Pourgholam, R., Pourang, N., Rezaei, M., Asieh, M. and Yunsipour, H., 2012.** Studying the accumulation of some heavy metals in the food tissue of carp (*Cyprinus Carpio*) and estimating the level of danger in the Iranian basin of the Caspian Sea (year 2009). Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 23(103): 33-44. (In Persian)
 20. **Lakzaei, F., Babaei, H. and God worshiper, H., 2014.** Measurement of heavy metals (lead, cadmium, zinc and copper) in the liver and muscle tissue of golden mullet in two regions of the southwestern basin of the Caspian Sea (Kiashahr and Talesh). Aquaculture development magazine. 9(3): 51-58.
 21. **Norouzi, M., Bagheri Tovani, M., Amir Jannati, A. and Gudari, S., 2016.** Measuring the concentration of heavy metals in the tissues of golden mullet (*Liza aurata*) in different regions of the southern shores of the Caspian Sea. Environmental Science. 14(3): 201-214.
 22. **Sevket Kandemir, M., Ilker Dogru, I., Orun, A., Dogru, L., Kenan, E., Gulnihah, O. and Nazmi, P., 2010.** Determination of Heavy Metal Levels, Oxidative Status, Biochemical and Hematological Parameters in *Cyprinus carpio* L., 1758 from Bafra (Samsun) Fish Lakes. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9(3): 617-622.
 23. **Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Berthet, B. and Metayer, C., 1987.** Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. J Exp Marine Biol Ecol. 106: 73-89.
 24. **Nowrozi, M., Bagheri Tovani, M., Gudari, S. and Amir Jannati, A., 2017.** Investigating the accumulation and comparison of heavy metals in the tissues of golden mullet (*Liza aurata*) in two periods of sexual maturity