

Bioaccumulation of Heavy Metals in Tissues of *Clupeonella Cultiventris Caspia* and *Alosa Caspia* and their Consumption Risk Assessment in the Southern Coast of Caspian Sea

Zeynab Karimi Iraj¹,
Ali Reza Pourkhabbaz²,
Mehdi Hassanpour³,
Mohammad Hosein SinkaKarimi⁴

¹ MSc in Environmental Pollution, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand University, Birjand, Iran

² Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resource and Environment, Birjand University, Birjand, Iran

³ MSc in Environmental Pollution, Golestan Environmental Protection Agency, Gorgan, Iran

⁴ PhD Candidate in Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

(Received June 10, 2014 ; Accepted November 6, 2014)

Abstract

Background and purpose: Health quality of fish as an important source of protein for human has received increasing attention. This study, examined the concentrations of chromium, nickel, zinc, and copper in the muscle and skin tissues of two edible fish species of *Alosa Caspica* and *Clupeonella cultiventris caspia* in the southern Caspian Sea in 2013. Also, the risk assessment of consumption of these species was done.

Materials and methods: After biometric analysis, *C. cultiventris caspia* (n=50) and *A. Caspia* (n=17) were prepared for analysis by acid digestion method. Concentrations of the studied metals in digested samples were determined using an atomic absorption spectrophotometer (GFS97, Thermo Electron, Cambridge, UK).

Results: The results showed that the level of chromium in the skin tissue of *A. Caspia* was significantly higher than that of the *C. cultiventris caspia* (P<0.05). In the *C. cultiventris caspia* and *A. Caspia* concentrations of zinc in the skin were higher than what has been found in the muscle. In the *C. cultiventris caspia* the muscle showed high concentrations of chromium than skin (P<0.05). In the studied specimens the concentrations of chromium and nickel exceeded the WHO threshold

Conclusion: Human health risk assessment of heavy metals via consumption of studied species showed that consuming these species with current rate of contamination is not a risk for consumers

Keywords: *Alosa Caspia*, Caspian Sea, Heavy metal, *Clupeonella cultiventris caspia*, THQ, EDI

تعیین میزان کروم، نیکل، مس و روی در بافت های کیلکای معمولی و آلوزا و ارزیابی خطر غذایی مصرف آن در سواحل جنوبی دریای مازندران

زینب کریمی ابرج^۱
علیرضا پورخباز^۲
مهدی حسن پور^۳
محمدحسین سینکاکریمی^۴

چکیده

سابقه و هدف: توجه به کیفیت بهداشتی ماهی به عنوان بخش مهمی از منابع پروتئینی افزایش پیدا کرده است. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان فلزات کروم، نیکل، روی و مس را در بافت عضله و پوست دو گونه ماهی خوراکی آلوزا (*Alosa Caspica*) و کیلکای معمولی (*Clupeonella cultiventris caspia*) در حوضه جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۹۱ و نیز ارزیابی خطر غذایی ناشی از مصرف این گونه‌ها صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: پس از زیست‌سنج، ماهی‌های کیلکای معمولی (۵۰ نمونه) و آلوزا (۱۷ نمونه) به روش هضم اسیدی برای آنالیز آماده شدند. غلظت فلزات مورد مطالعه در نمونه‌های هضم شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی Thermo Electron (GFS97, Cambridge, UK) قرائت شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمون‌های آماری نشان داد که میزان کروم در بافت پوست آلوزا بیش‌تر از کیلکای معمولی بوده است ($p < 0/05$). میزان روی در بافت پوست ماهی‌های کیلکای معمولی و آلوزا بیش‌تر از بافت عضله و نیز میزان کروم در بافت عضله کیلکای معمولی بیش‌تر از بافت پوست بود ($p < 0/05$). میزان فلزات کروم و نیکل در گونه‌های مورد مطالعه از میزان مجاز ارائه شده توسط World Health Organization (WHO) تجاوز کرد.

استنتاج: ارزیابی خطر غذایی مصرف گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که مصرف آن‌ها با میزان کنونی خطری را متوجه مصرف‌کنندگان آن از نظر فلزات کروم، نیکل، روی و مس نخواهد کرد.

واژه های کلیدی: آلوزا، فلزات سنگین، کیلکای معمولی، EDI، THQ

مقدمه

گذاشته است. پس از انقلاب صنعتی میزان این عناصر در اکوسیستم‌های آبی به مقدار زیادی افزایش یافته است. هنگامی که فلزات سنگین وارد اکوسیستم آبی

افزایش غلظت فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی موجب بروز مشکلات جدی محیط زیستی شده و بر زنجیره غذایی و در نتیجه بر سلامت ارگانسیم‌ها اثر

E-mail: MH_Sinkakarimi@yahoo.com

مؤلف مسئول: محمدحسین سینکاکریمی - ملایر: دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست

۱. کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳. کارشناس ارشد آلودگی‌های محیط زیست، اداره کل حفاظت محیط زیست گلستان، گرگان، ایران

۴. دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۵/۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۸/۱۵

می‌شوند، به علت توانایی تجمع زیستی سبب تنش می‌شوند. یکی از ویژگی‌های فلزات سنگین این است که تجزیه زیستی نمی‌شوند، لذا پایدار بوده و برای ارگانسیم‌ها سمی هستند (۱). فلزات سنگین با توجه به نقشی که در فرایندهای بیولوژیک دارند، به عنوان میکرونوترینت‌ها (آهن، روی، مس، منگنز، کبالت و مولیبدون) یا عامل سمی (جیوه، نقره، کروم، کادمیوم، سرب و نیکل) مورد توجه می‌باشند (۲). از آنجایی که اکوسیستم‌های آبی نقش به‌سزایی در تامین غذای انسان دارند، بررسی وضعیت بهداشتی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

ماهی‌ها شاخص‌های زیستی مناسبی جهت سنجش میزان آلودگی ناشی از فلزات سنگین در منابع آبی هستند (۳). روش‌های جذب فلزات سنگین در انواع موجودات متفاوت است. به نحوی که بررسی‌ها نشان می‌دهند، میزان جذب در موجودات آبزی گوشتخوار به نسبت موجوداتی که در تماس مستقیم با رسوبات باشند، کم‌تر است (۴). به طور کلی تجمع فلزات سنگین در بدن موجودات زنده بسته به میزان جذب آلاینده و نرخ متابولیسم آن موجود نسبت به اندازه بدن کنترل می‌شود (۵). مطالعات فراوانی در رابطه با تجمع فلزات در ماهی‌ها در اکوسیستم‌های آبی نقاط مختلف دنیا انجام گرفته است. Visnjic-Jeftic و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی میزان مس، بروم، آهن، منیزیم، استرانسیم، روی، لیتیم، کبالت، کروم، منگنز، نیکل و سرب در بافت‌های مختلف گونه‌های ماهی نشان دادند که غلظت فلزات فوق در بافت‌های گونه‌های مختلف ماهی بسته به نوع گونه و نوع فلز متفاوت است (۶). طی مطالعاتی که توسط حسن‌پور و همکاران (۱۳۹۱) به منظور پایش غلظت روی و آهن در بافت کبد و کلیه پرند و وحشی چنگر، گاماروس، ستون آب و رسوبات سطحی در تالاب بین‌المللی گمیشان انجام گرفت، مشخص شد غلظت این فلزات پایین‌تر از حد سمی بوده است. هم‌چنین در این مطالعه کم‌ترین میانگین غلظت فلزات

در ستون‌های آبی و بیشترین در کبد و کلیه چنگر بوده است (۷). در مطالعه مشابهی که توسط خسروی و همکاران (۱۳۹۲) روی ماهی‌های کیلکای معمولی و آلوزا انجام گرفت، مشخص شد میزان آهن در بافت پوست کیلکای معمولی و آلوزا بیش‌تر از بافت عضله بوده است و اختلاف معنی‌داری در میزان آرسنیک و آهن بین بافت پوست و عضله در کیلکای معمولی و آلوزا وجود داشت (۸). صادقی‌راد و همکاران (۱۳۸۴)، فلزات سنگین روی، مس، سرب، کادمیوم و جیوه در دو گونه ماهی استروژن در حوضه جنوبی دریای مازندران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که فلز روی بیش‌ترین تجمع و کادمیوم کمترین تجمع را در بافت عضله داشته‌اند. مقایسه مقادیر به‌دست آمده با مقادیر استانداردهای بین‌المللی نشان دهنده عدم آلودگی به این نوع فلزات در گونه‌های مورد مطالعه جهت مصرف انسانی بوده است (۹). بررسی تجمع فلزات سنگین در بافت مختلف دو گونه ماهی در سواحل شرقی دریای مدیترانه نشان داد که غلظت فلزات ضروری نسبت به فلزات سمی در همه فصول بالاتر بود که در این پژوهش دلیل این موضوع به این صورت عنوان شد که این فلزات نقش مهمی در فرآیندهای آنزیمی و تنفس حیوانات آبزی دارند و بنابراین تنظیم عناصر ضروری نسبت به غیر ضروری موثرتر می‌باشد (۱۰). سطح آلودگی‌های موجود و پتانسیل افزایش آلودگی‌ها در دریای مازندران و اثرات مخرب آلاینده‌های سمی بر انسان و حیات آبریزان، بررسی غلظت فعلی آلاینده‌ها را در منطقه الزامی ساخته است. هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان فلزات کروم، نیکل، روی و مس در بافت خوراکی (عضله و پوست) دو گونه ماهی خوراکی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultiventris caspia*) و آلوزا (*Alosa caspia persica*)، مقایسه آن با استانداردهای بین‌المللی و در نهایت ارزیابی خطر غذایی ناشی از مصرف آن برای مصرف‌کنندگان بوده است. در مطالعه حاضر ماهی‌های کیلکای معمولی و آلوزا به دلیل

مصرف و محبوبیت در بین ساکنین نواحی شمالی کشور و فلزات کروم، نیکل، روی و مس به دلیل اهمیت و پراکنش زیاد در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد.

مواد و روش‌ها

با مجوز رسمی از اداره کل حفاظت محیط زیست و شیلات استان مازندران در زمستان ۱۳۹۱ ۵۰ قطعه ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultiventris caspia*) و ۱۷ قطعه ماهی آلوزا (*Alosa caspia persica*) از حوضه جنوبی دریای مازندران واقع در بابلسر تهیه شد. ماهی‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از بیومتری (وزن، طول کل، طول چنگالی و طول استاندارد) بافت عضله و پوست آن‌ها با دقت جدا شد. برای هضم شیمیایی نمونه‌ها از اسید نیتریک (HNO_3) و اسید پرکلریک ($HClO_4$) با نسبت یک به سه استفاده شد. ابتدا مقدار ۳ گرم از بافت‌های عضله و پوست (وزن تر) ماهی‌ها به دقت وزن شد و در ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شدند. ۴/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک (۶۵ درصد) به هر نمونه اضافه گردید. نمونه‌ها در آزمایشگاه (بدون حرارت دادن) قرار داده شدند تا به آهستگی هضم شوند. روز بعد ۱/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک (۷۲ درصد) به نمونه‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها روی حمام شن در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً هضم شوند. پس از هضم، نمونه‌ها در هوای اتاق سرد شدند. در پایان با کمک آب مقطر نمونه‌ها به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و فیلتر شدند (فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر واتمن). سپس نمونه‌های محلول شده درون ظروف پلاستیکی استریل ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شدند و پس از کدگذاری به آزمایشگاه جذب اتمی ارسال گردیدند (۱۱). محلول استاندارد هر فلز از محلول ۱۰۰۰ ppm آن فلز متعلق به شرکت Chem-lab کشور بلژیک تهیه شد. اندازه‌گیری غلظت فلزات کروم، نیکل، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (GFS97, Thermo Electron, (Cambridge, UK)

انجام شد. حد تشخیص دستگاه برای قرائت فلز نیکل ppm ۰/۰۰۱، برای فلز کروم ppm ۰/۰۰۴، برای فلز مس ppm ۰/۰۱ و برای فلز روی ppm ۰/۰۰۵ بود.

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) صورت پذیرفت. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرووویک مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی اختلاف بین بافت‌های پوست و عضله در هر کدام از گونه‌ها و هم‌چنین بررسی اختلاف بین بافت‌های متناظر دو گونه با یکدیگر با استفاده از آزمون تی‌تست (t-test) صورت گرفت.

THQ (Target Hazard Quotients)

THQ در واقع نسبت بین میزان در معرض قرارگیری فلزات و دز رفرنس آن‌ها می‌باشد که برای بیان اثرات غیر سمی به کار می‌رود. اگر میزان این نرخ کم‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده آن است که هیچ‌گونه ریسک قابل مشاهده‌ای وجود ندارد. اما اگر این نسبت برابر یا بزرگ‌تر از یک باشد خطراتی برای سلامتی مصرف‌کنندگان در پی خواهد داشت (یعنی میزان فلز مورد نظر از میزان مجاز فراتر رفته است). روش به کار رفته برای محاسبه THQ براساس روش پیشنهادی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا می‌باشد (۱۲). موارد در نظر گرفته شده در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۱: موارد در نظر گرفته شده برای محاسبه THQ

منبع	فرض‌ها
(۱۵)	میزان فلز وارد شده، برابر با میزان جذب شده در بدن می‌باشد
(۱۶)	بخت و پز اثری را بر روی آلاینده‌ها ندارد
(۱۷)	متوسط عمر ایرانیان ۷۲ سال می‌باشد متوسط وزن افراد بالغ ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد

مدل به کار رفته برای تخمین THQ به شرح ذیل می‌باشد:

$$THQ = \frac{EFr \times EDtot \times FIR \times C}{RfDd \times BWa \times ATu} \times 10^{-3}$$

در این مدل THQ خارج قسمت خطر هدف، EFr، بسامد در معرض قرارگیری (۳۶۵ روز در سال)، EDtot،

تخمین جذب روزانه و هفتگی:

میزان جذب روزانه فلزات در اثر مصرف غذا ارتباط مستقیم با میزان فلزات موجود در آن ماده غذایی و همچنین میزان مصرف آن ماده غذایی دارد.

$$EDI \text{ Estimated Daily Intake} = (C \times FIR) / BW \quad (1)$$

$$EWI \text{ Estimated Weekly Intake} = (C \times FIRW) / BW \quad (2)$$

در این رابطه EDI میزان جذب روزانه فلزات توسط بدن، EWI میزان جذب هفتگی، C میزان غلظت تعیین شده فلزات در مواد غذایی مصرفی، FIR_D نرخ خوردن غذا بر حسب گرم در روز (برای ماهی حدود ۲۱ گرم در نظر گرفته شد)، FIR_W نرخ خوردن غذا بر حسب گرم در هفته (میزان مصرف روزانه در عدد ۷ ضرب شد)، BW وزن بدن (۷۰ کیلوگرم) است (۱۲). به این ترتیب می توان تخمینی از میزان جذب روزانه و در نهایت هفتگی فلزات در اثر مصرف ماهی توسط مصرف کنندگان به دست آورد. البته میزان مصرف ماهی از یک فرد به فردی دیگر، از خانواده‌ای به خانواده‌ای دیگر و در نهایت از منطقه‌ای به منطقه دیگر تفاوت دارد. بدیهی است که میزان به دست آمده یک میانگین مصرف در منطقه است و ممکن است.

یافته ها

در جدول شماره ۳ میانگین نتایج به دست آمده غلظت فلزات کروم، نیکل، روی و مس در بافت عضله و پوست ماهی کیلکای معمولی و ماهی آلوزا بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر آمده است. در جدول شماره ۴ غلظت‌های به دست آمده با استانداردهای بین المللی مقایسه شده است. نتایج حاصل از زیست‌سنجی ماهی‌های مورد مطالعه نیز در جدول شماره ۵ ارائه شده است نتایج حاصل از آزمون‌های آماری نشان داد میزان کروم در بافت پوست بین دو گونه اختلاف معنی داری دارد ($p < 0/05$). در کیلکای معمولی میزان کروم و روی بین بافت‌های پوست و عضله و همچنین در آلوزا، میزان روی بین بافت‌های پوست و عضله تفاوت معنی داری را نشان داده است ($p < 0/05$).

میزان در معرض قرارگیری (۷۲ سال)، FIR نرخ خوردن غذا (برای ماهی حدود ۲۱ گرم در روز در نظر گرفته شد)، C میزان فلز سنگین در غذای مورد مطالعه (میلی گرم بر گرم)، RfDo دز رفرنس از راه دهان (میلی گرم بر کیلوگرم در روز) (جدول شماره ۲)، BWa میانگین وزن افراد بالغ (۷۰ کیلوگرم)، ATN زمان در معرض قرار گیری برای ترکیبات غیر سرطانزا (۳۶۵ روز در سال \times تعداد سال‌های در معرض قرار گیری حدود ۷۲ سال) است. گزارش شده است که قرار گرفتن در معرض چند آلاینده ممکن است اثرات افزایشی یا متقابل داشته باشد (۱۳). در این مطالعه Total THQ هم بر اساس روش پیشنهادی Chein و همکاران (۲۰۰۲) (۱۴) محاسبه شده است:

$$\text{Total THQ (TTHQ)} = \text{THQ (toxicant 1)} + \text{THQ (toxicant 2)} + \dots + \text{THQ (toxicant n)}$$

جدول شماره ۴: دز رفرنس مجاز از راه دهان

فلز	Cu	Cr	Ni	Zn	RfDo (mg/kg-day)
	4×10^{-2}	1.5	2×10^{-2}	3×10^{-1}	

در این روش میزان THQ محاسبه شده برای تک تک فلزات (در مطالعه حاضر میزان محاسبه شده برای فلزات کروم، نیکل، روی و مس) با یکدیگر جمع می شود و در نهایت به صورت یک عدد نهایی گزارش می شود. اگر عدد نهایی بیش تر از یک شود، نشان دهنده وجود خطر بری مصرف کنندگان و اگر کم تر از یک شود، نشان دهنده عدم وجود خطر مشهود برای مصرف کنندگان آن است.

دز رفرنس در واقع تخمینی از میزان در معرض قرار گیری روزانه جمعیت انسانی با آلاینده‌ها است که هیچ گونه آسیب زیان آور قابل مشاهده‌ای در طول زندگی فرد برای او ندارد (۱۸). البته دز رفرنس میزان مجاز ورود آلاینده‌ها از طریق دهان است و میزان مجاز برای ورود آلاینده‌ها از طریق پوست و غیره را در بر نمی گیرد.

جدول شماره ۳: میانگین غلظت (انحراف معیار \pm میانگین) فلزات کروم، نیکل، روی و مس در بافت پوست و عضله ماهی های کیلکای معمولی و آلوزا (میکروگرم بر گرم وزن تر)

گونه	تعداد	اندام	کروم	نیکل	روی	مس
کیلکای معمولی	۵۰	عضله	$2/597 \pm 0/529^*$	$0/374 \pm 0/175$	$7/931 \pm 1/386^*$	$0/529 \pm 0/089$
		پوست	$0/969 \pm 0/138^{**}$	$1/833 \pm 0/363$	$69/32 \pm 0/128^*$	$0/889 \pm 0/161$
آلوزا	۱۷	عضله	$6/227 \pm 0/680$	$1/305 \pm 0/175$	$5/908 \pm 1/386^*$	$0/583 \pm 0/14$
		پوست	$3/83 \pm 1/119^{**}$	$1/536 \pm 0/271$	$63/85 \pm 9/076^*$	$0/219 \pm 0/095$

* نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین بافت های یک گونه.

** نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین بافت های متناظر دو گونه.

سازمان بهداشت جهانی و فائو نشان می دهد که میزان تخمین زده شده جذب فلزات در اثر مصرف کیلکای معمولی و آلوزا پایین تر از حداکثر میزان قابل قبول اجازه داده شده توسط کمیته مشترک این سازمان ها می باشد (جدول شماره ۷).

جدول شماره ۷: تخمین جذب روزانه و هفتگی فلزات توسط افراد مصرف کننده در سواحل جنوب شرقی دریای مازندران

فلز	PTWI*	PTWI ^b	PTDI ^c	EWI ^d (EDI) ^e	EWI ^f (EDI) ^g
Cr	-	-	-	5/46 (0/78)	13/09 (1/87)
Cu	3500	245000	35000	1/1 (0/158)	1/12 (0/16)
Ni	-	-	-	0/77 (0/11)	2/74 (0/391)
Zn	7000	490000	70000	16/66 (2/38)	12/39 (1/77)

* میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت هفتگی (PTWI: Permissible Tolerable Weekly Intake) بر حسب میکروگرم در هفته به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن.

b= (19)

b= PTWI برای افراد بالغ با وزن متوسط ۷۰ کیلوگرم، بر حسب میکروگرم در هفته برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی

c= میزان جذب مجاز قابل تحمل روزانه موقت (PTDI: Permissible Tolerable Daily Intake) بر حسب میکروگرم در روز برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی

d= تخمین جذب هفتگی بر حسب میکروگرم در هفته برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (کیلکای معمولی)

e= تخمین جذب روزانه بر حسب میکروگرم در روز برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (کیلکای معمولی)

f= تخمین جذب هفتگی بر حسب میکروگرم در هفته برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (آلوزا)

g= تخمین جذب روزانه بر حسب میکروگرم در روز برای فرد ۷۰ کیلوگرمی (آلوزا)

بحث

مطالعات نشان می دهند که آلودگی به فلزات سنگین در اکوسیستم ها بیش تر در رسوبات و موجودات آبی متمرکز می شود (۲۰). عواملی مانند وضعیت و جایگاه اکولوژیکی موجود زنده، تنوع تغذیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در جذب و ذخیره سازی فلزات سنگین توسط موجود زنده موثر است. فاکتورهای شیمیایی، اسیدیته، ظرفیت بافری و وجود کلسیم و

جدول شماره ۴: مقایسه غلظت های به دست آمده در بافت خوراکی ماهی های مورد مطالعه با استانداردهای جهانی (میکروگرم بر گرم وزن تر)

استانداردها	کروم	نیکل	روی	مس	منبع
FAO	۱	-	۳۰	۳۰	(۱۱)
WHO	۰/۳۸	۰/۲	۱۰۰۰	۱۰	(۳۴ و ۳۵)
AUSTRALIA	-	-	۴۰-۱۰۰۰	۱۰-۷۰	(۳۴)
* U.K (MAFF)	-	-	۵۰	۲۰	(۳۴)
ماهی آلوزا	۴/۹۸	۱/۴۲۰	۳۴/۸۸	۰/۴۰	مطالعه حاضر
ماهی کیلکای معمولی	۱/۷۸	۱/۱۰۳	۳۸/۶۳	۰/۷۰	مطالعه حاضر

* Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (United Kingdom)

جدول شماره ۵: نتایج حاصل از بیومتری کیلکای معمولی

متغیر	انحراف معیار \pm میانگین	حداقل	حداکثر
طول کل (سانتی متر)	$11/24 \pm 0/79$	۱۰	۱۲/۷
طول استاندارد (سانتی متر)	$9/57 \pm 0/62$	۸/۵	۱۱
وزن (گرم)	$9/10 \pm 1/94$	۵/۹۲	۱۳/۵۴
طول کل (سانتی متر)	$23/70 \pm 2/31$	۲۰	۲۹
طول استاندارد (سانتی متر)	$18/90 \pm 1/62$	۱۷	۲۲/۵
وزن (گرم)	$10/23$	۶۳/۵۲	۱۳۸/۴۷

تخمین THQ

جدول شماره ۶: تخمین THQ برای هر فلز منحصر به فرد و هم چنین THQ کل را نشان می دهد. THQ کل و هم چنین THQ برای تک تک فلزات کم تر از یک به دست آمد.

جدول شماره ۶: تخمین THQ و TTHQ در اثر مصرف کیلکای معمولی و آلوزا در سواحل جنوبی دریای مازندران

گونه	Cr	Cu	Ni	Zn	TTHQ
کیلکای معمولی	0/005	0/004	0/006	0/008	0/018
آلوزا	0/001	0/004	0/002	0/006	0/019

تخمین جذب روزانه و هفتگی

مقایسه میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات مورد مطالعه با میزان مجاز ارائه شده توسط کمیته مشترک

ترکیبات آلی به همراه فاکتورهای بیولوژیکی مانند الگوی زیستی، رفتارهای تغذیه‌ای، اندازه و وضعیت فیزیولوژیکی ماهی، نرخ رشد، احتیاجات اکولوژیکی، شنا، رفتارها و فعالیت‌های متابولیکی ممکن است زیست‌فراهمی و انباشتگی فلزات سنگین در ماهیان را تحت تاثیر قرار دهد. به علاوه تبدلات بالقوه متعدد بین عناصر مختلف ممکن است که هم سمیت و هم جذب فلزات را در بدن تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین به نظر می‌رسد غلظت فلزات سنگین در بافت ماهی از تبادل پیچیده بین فاکتورهای متعدد ناشی شود (۲۱، ۲۲). هنگامی که ماهی‌ها در محیط آبی در معرض میزان بالای فلزات قرار می‌گیرند، می‌توانند فلزات را به طور مستقیم از طریق آبشش، پوست یا از طریق مصرف آب آلوده و مواد غذایی از محیط جذب کنند (۲۳). موجودات زنده‌ای که از موجودات درون لجن بستر اکوسیستم‌های آبی تغذیه می‌کنند نسبت به موجودات سطح‌زی جذب بیش‌تری از فلزات سنگین را خواهند داشت. چرا که قسمت اعظم فلزات سنگین با ذرات معلق آب تشکیل کمپلکس داده، رسوب کرده و از ستون آب خارج می‌شوند و با تجمع در رسوبات کف، موجودات کفزی‌خوار میزان بیش‌تری از آن را دریافت و به شکارچیان خود یعنی سطوح غذایی بالاتر انتقال می‌دهند (۲۴).

فلز کروم به عنوان یک فلز سمی شناخته شده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان این عنصر در عضله و پوست ماهی آلوزا و کیلکای معمولی از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی و فائو و بالاتر بوده است. استفاده‌های گسترده کروم در آبکاری الکتریکی، دباغی و آفت‌کش‌ها منجر به انتشار کروم در محیط زیست شده است (۲۵، ۲۶).

مطالعه حاضر نشان داد که میزان نیکل در پوست و عضله کیلکای معمولی و هم‌چنین آلوزا نیز بالاتر از میزان مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی بوده است. نیکل از جمله فلزاتی است که به مرور زمان مصارف آن در تمام سطوح رو به زیاد شدن است.

آلیاژهای حاوی نیکل به منظور مقاومت در برابر حرارت‌های بسیار بالا مصرف می‌شود. این عنصر در طبیعت به صورت سنگ‌های معدنی سولفور و سیلیکات‌ها و همین‌طور سنگ‌های آرسنیک و نیکلی وجود دارد. گفته شده که ازدیاد ناگهانی نیکل در آب دلیل آلودگی با فاضلاب‌های صنعتی است (۲۷). در مطالعه حاضر غلظت فلز روی در کیلکای معمولی و آلوزا از استانداردهای جهانی کم‌تر بود. فلز روی یک عنصر نادر و ضروری برای فرآیندهای فیزیولوژیک می‌باشد که می‌تواند از طریق آب و غذا جذب بدن ماهی‌ها شوند (۲۸). روی به طور عمده در استخوان و پوست تجمع می‌یابد. اگرچه در کبد، آبشش و کلیه نیز میزان قابل توجهی از این عنصر تجمع می‌یابد (۲۹). فلز روی از عناصر فراوان پوسته‌زمن با حلالیت بالا می‌باشد. این عنصر به طور طبیعی از طریق فرسایش، گرد و غبار، سوختن جنگل‌ها و گیاهان و به صورت انسان ساخت از طریق فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و غیره وارد اکوسیستم‌های آبی می‌گردد و می‌تواند در روند صعودی جذب و تجمع زیستی و افزایش آن در بافت‌ها و اندام‌های مختلف آبریان نیز موثر باشد (۳۰). غذاهای دریایی منبع اصلی روی و مس برای انسان هستند (۳۱). فلز مس در بسیاری از ارگانسیم‌ها، نقش حیاتی ایفا می‌کند (۳۲). طبق یافته‌های مطالعه حاضر میزان تجمع مس در بافت عضله و پوست کیلکای معمولی و آلوزا کمتر از میزان استانداردهای تعیین شده جهانی بود. سمیت مس به غلظت و مدت زمان در معرض قرار گرفتن با آن بستگی دارد. ماهیان آب شیرین می‌توانند طیف وسیعی از آن را جذب کنند (۳۳). غلظت ۱ تا ۲۰ میکروگرم در لیتر مس یونی و محلول، اثرات سمی مختلفی در حیوانات دریایی ایجاد می‌کند. بیش‌تر از ۹۰ درصد مس کل محلول در آب دریاها با مواد آلی محلول تشکیل کمپلکس می‌دهد. لذا به آسانی قابل جذب نبوده و برای ارگانسیم‌های دریایی سمی نمی‌باشد (۱). عمده آلودگی فلزی دریای مازندران ناشی

از ورود مستقیم و غیر مستقیم پساب کارخانجات صنعتی فاضلاب‌های شهری، پساب‌های کشاورزی، فعالیت اکتشاف و استخراج نفت، آلودگی‌های حاصل از کشتیرانی و فعالیت‌های بندری می‌باشد. همچنین آلاینده‌های دیگری که از سواحل آذربایجان توسط جریان‌های شمال غربی به نواحی جنوب غربی و جنوب دریای مازندران آمده‌اند، منطقه را کاملاً آلوده کرده‌اند. لذا برای پیشگیری از توسعه آلودگی پیشنهاد می‌شود سیستم‌های مناسب تصفیه برای فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی همچنین اعمال مدیریت بهینه جهت ممانعت از ورود هر نوع آلاینده مخصوصاً عناصر فلزی به اکوسیستم‌های آبی صورت گیرد. نتایج مطالعه حاکی از آن بود که میزان کروم در عضله کیلکای معمولی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از آلوزا و هم‌چنین میزان روی در پوست کیلکای معمولی و آلوزا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از عضله بوده است. بالا بودن میزان فلزات در بافت پوست نسبت به بافت عضله در دو گونه ماهی بندر بوشهر (۳۶)، ماهی کپور و ماهی سرخو در اصفهان (۳۷) و در کیلکای معمولی و آلوزا گزارش شده است (۸). حذف فلزات از طریق آبشش‌ها، مجاری صفراوی (روده) و ترشح موکوس رخ می‌دهد. ماهیان قادر به دفع فلزات سنگین از این طریق می‌باشند. فلزات اتصال یافته به پروتئین‌ها را پوست، آبشش و روده با ترشح موکوس به‌طور مستمر دفع می‌کنند. دفع فلزات از طریق پوست موکوس را درگیر می‌کند. این ماده پروتئینی دائماً توسط پوست ترشح می‌شود. تحقیقات نشان داده است که بخش عمده‌ای از فلزات تزریق شده به ماهی در مرحله بعد در موکوس آن دیده شده است (۳۸).

خطر ناشی از فلزات سنگین در اثر مصرف محصولات دریایی اغلب بوسیله THQ محاسبه می‌شود (۳۹). میزان THQ تک تک فلزات در این مطالعه و نیز THQ کل کم‌تر از یک به‌دست آمد که نشان دهنده عدم وجود هرگونه خطر غذایی در اثر مصرف گونه‌های مورد بررسی با نرخ کنونی می‌باشد. به‌هر حال

THQ تعریف کننده یک رابطه دز- پاسخ نمی‌باشد و ارزش عددی آن نمی‌تواند به‌عنوان یک تخمین مستقیم از میزان خطر باشد (۴۰). به عبارتی دیگر، دز رفرنس یک خط تقسیم هوشمندانه بین جذب بی‌خطر و خطرناک نیست. THQ یک میزان نسبی و محافظه کارانه است که می‌تواند تا حدودی امکان وجود خطر را برای ما آشکار کند و به‌عنوان یک شاخص مناسب مورد استفاده قرار گیرد. در رابطه با میزان مجاز فلزات سنگین استانداردهایی توسط سازمان‌های مختلف ارائه شده است. سازمان خوار و بار جهانی میزان میکروگرم بر گرم و سازمان بهداشت جهانی میزان ۰/۳۸ میکروگرم بر گرم کروم را به‌عنوان میزان مجاز موجود در ماهی ارائه کرده‌اند.

یک جنبه مهم در پایش سلامتی انسان از نظر ترکیبات مضر که در محیط اطراف آن وجود دارند، پایش این ترکیبات در مواد غذایی می‌باشد. میزان‌های جذب روزانه و هفتگی فلزات کروم، مس، نیکل و روی در اثر مصرف ماهی‌های کیلکای معمولی و آلوزا کمتر از میزان استاندارد توصیه شده توسط کمیته مشترک سازمان بهداشت جهانی و فائو بوده است. میزان جذب روزانه فلزات در اثر مصرف غذا ارتباط مستقیم با میزان فلزات موجود در آن ماده غذایی و همچنین میزان مصرف آن ماده غذایی دارد. در مقایسه با سایر مسیرهای ورود فلزات به بدن انسان، قسمت اعظم این فلزات از طریق غذا وارد بدن می‌شوند. بنابراین مورد مطالعه قرار دادن مواد غذایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. ذکر این نکته بسیار ضروری است که در این مطالعه تنها میزان ورود فلزات سنگین به بدن را در اثر مصرف یک نوع ماده غذایی (گوشت ماهی) در نظر گرفته شد، اما از آنجایی که افراد در طول روز از چندین ماده غذایی استفاده می‌کنند، نیاز است که مطالعات روی مواد دیگر نیز صورت گیرد.

طبق نتایج به‌دست آمده این گونه به‌نظر می‌رسد که مصرف ماهی‌های کیلکای معمولی و آلوزا با میزان

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر خود را از اداره کل حفاظت محیط زیست و شیلات استان مازندران و تمامی عزیزانی که به نوعی وقت و تخصص خود را در اختیار قرار دادند، اعلام می نمایند.

مصرف کنونی برای سلامتی مصرف کننده‌ها از نظر فلزات کروم، مس، روی و نیکل ضرری ندارد. این نتایج مطابق با مطالعات انجام شده در این زمینه است (۴۱،۴۲).

References

1. Pourkasmany MA. Introduction to Marine Pollution. Tehran: Tarhe Nonine Andishe; 2012. (Persian).
2. Anderson DM, Morel FMM. Copper sensitivity of *Gonyaulax tamarensis*. *Limnol Oceanogr* 1998; 23(2): 283-295.
3. Rashed MN. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser lake. *Environ Int* 2001; 27(1): 27-33.
4. Banagar GH, Rahmani H, Gholmohamadi S, Moghadas D. Comparison of heavy metal (cadmium) accumulation in muscle and liver of black fish (*Capoeta capoeta*) in the Tajan river of Mazandaran province. *Aquatic Animals and Fisheries* 2011; 1(4): 21-29 (Persian).
5. Marcovecchio JE. The use of *Micropogonias furnieri* and *Mugil liza* as bioindicators of heavy metals pollution in La Plata river estuary, Argentina. *Sci Total Environ* 2003; 323(1-3): 219-226.
6. Visnjic-Jeftic Z, Jaric I, Jovanovi L, Skoric S, Smederevac-Lalic M, Nikcevic M, et al. Heavy metal and trace element accumulation in muscle, liver and gills of the Pontic shad (*Alosa immaculata Bennet* 1835) from the Danube River (Serbia). *Microchem J* 2010; 95(2): 341-344.
7. Hassanpour M, Pourkhabbaz AR, Ghorbani R. Concentrations of heavy metals in sediment, water and organs of seabirds south-east coast of the Caspian Sea. (Ms, thesis) University of Birjand, 2011 (Persian).
8. Khosravi M, Pourkhabbaz A, Hassanpour M. The determination of heavy metals (Arsenic, Lead, Cadmium) concentration in muscle and skin of two edible fish species (*Clupeonella cultiventris caspia* and *Alosa caspia persica*) from the Caspian Sea. (Dissertation for the degree of MSc in Environmental Sciences). University of Birjand, 2013 (Persian).
9. Sadeghirad M, Aminiranjbar GH, Arshad A, Jushide H. Compared to the accumulation of heavy metals (zinc, copper, cadmium, lead and mercury) in muscle tissue of two species of sturgeon *Acipenser persicus* and *Acipenser stellatus* from South of the Caspian Sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 2005; 3(53): 79-100 (Persian).
10. Cogun HY, Yuzereroglu TA, Firat O, Gok G, Kargin F. Metal concentrations in fish species from the northeast Mediterranean Sea. *Environ Monit Assess* 2006; 121(1-3): 431-438.
11. Cornelia E. FAO. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. Michigan: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 1983.
12. Hallenbeck WH. Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health. 2nd rd. Yourk: Lewis Publisher, 1993.

-
13. Hubbard J, USEPA. Risk-based Concentration Table. United States Environmental Protection Agency. Washington DC; 2008.
14. USEPA. Guidance manual for assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish. United State Environmental Protection Agency.(report) EPA-503/8-89-002, US EPA Office of Marine and Estuarine Protection, Washington DC; 1987.
15. Cooper CB, Doyle ME, Kipp K. Risk of consumption of contaminated seafood, the Quincy Bay Case Study. Environ Health Persp 1991; 90: 133-140.
16. MHMEI. Average lifetime of Iranian, Ministry of Health and Medical Education of Iran; 2012. Available from: <http://www.behdasht.gov.ir/>. Accessed December 10, 2012.
17. Jennifer H, USEPA. Risk based concentration table, May 2007. <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm> Piladelphia; 2008.
18. FAO/WHO. Summary report of the meeting of JECFA. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (JECFA /77/SC Rev). 77th Meeting, 20013; 3-13 June. Rome, Italy.
19. Linnik PM, Zubenko IB. Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environment by heavy-metal compounds. Lakes and Reservoirs: Res Manage 2000; 5(1): 11-21.
20. Amundsen PA, Staldvik FJ, Lukinb AA, Kashulinb NA, Popova OA, Reshetnikov YS. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. Sci Total Environ 1997; 201(3): 211-224.
21. Dural M, Goksu MZ, Ozak AA, Deric B. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *dicentrarchus labraxl 1758*, *sparus auratal 1758* and *Mugil Cephalu, 1758* from thec, amlik lagoon of the eastern cost of Mediterranean (Turkey). Environ Monit Assess 2006; 118(1-3): 65-74.
22. Nussey G, Vuren JV, Preez H. Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in the tissues of the *moggel, Labeoumbratus* (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga. Water SA 2000; 26(2): 269-284.
23. Mohammadzade shamushaki M. Determination lethal concentrations of the heavy metals lead, zinc and cadmium, and pesticides Hinosan, Denaxenon and Tilt on fish Sturgeon (*Acipenser nudiventris*). (MSc Thesis) Environmental Sciences, Islamic Azad University of Lahijan, 2011. (Persian)
24. Tirgar A, Golbabaie F, Salehi M, Nourijelyani K, Shahtaheri SJ, Moosavi SR. Removal of airborne hexavalent chromium mist using chitosan gel beads as a new control approach. Journal of Environmental Sciences and Technology 2006; 3(30): 305-313 (Persian).
25. Michalak I, Zielinska A, Chojnacka K, Matul J. Biosorption of Cr (III) by Microalgae and Macroalgae: Equilibrium of the Process. Am J Agr Biol Sci 2007; 2(4): 284-290.
26. Sabbagh A. Determine the level of heavy metals in muscle, liver, gills, kidney and ovarian *Lizza aurata* on the southern coast of the Caspian Sea, (MSc Thesis) Environmental Sciences, University of Tarbiat Modares, Tehran, 2001. (Persian).
27. Naji T, Safaeyan Sh, Rostami Beshman M, Sabrgu M. Effects of zinc on the gill tissues of common carp (*Cyprinus carpio*). J Environ Sci Technol 2007; 9(2): 29-36 (Persian).
-

28. Jalali Jafari B, Aghazade Meshgi M. Fish toxicity of heavy metals in water and its importance in public health. Tehran: Man ketab; 2008.
29. Moore JW, Ramamoorthy S. Heavy metal in natural waters. New york: Springer; 1984.
30. WHO, Health risks from marine pollution in the Meditrranean, Part I Implications for Policy Makers, EUR/ICP/EHAZ. Paris, 1994.
31. Gale NL, Adams CD, Wixson BG, Loftin KA, Huang YW. Lead, zinc, copper, and cadmium in fish and sediments from the Big River and Flat River Creek of Missouri's Old Lead Belt. Environ Geochem Health 2004; 26(1): 37-49.
32. Mizykowski Steven E, Timothy Prior F, Munney Kenneth L, Carr Kenneth C. Environmental contaminants in fish from the Nashua river. New England filed office special project report, 1997; FY 97- MEFO-5- EC: pp 63.
33. Pourang N, Dennis JH. Distribution of trace element in tissues of two shrimp species from the Persian Gulf and roles of metallothionein. In their redistribution. Environ Int 2005; 31(3): 325-341.
34. Shahriyari A. Determination of cadmium chromium, lead and nickel in edible tissue of Tiger-tooth Croaker and Lussels Snapper from Persian Gulf in 1982. J Gorgan U Med Sci 2005; 2(7): 65-67 (Persian).
35. Dobaradaran S, Naddafi K, Nazmara S, Ghaedi H. Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran. Afr J Biotechnol 2010; 9(37): 6191-6193.
36. Pourmoghaddas H, Shahryari A. The concentration of lead, chromium, cadmium, nickel and mercury in three species of consuming fishes of Isfahan city. J Health System Res 2010; 6(1): 30-36 (Persian).
37. Varanasi U, Markey D. Uptake and release of lead and cadmium in skin and mucous of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Comp Biochem Physiol 1978; 60(2): 187-192.
38. US EPA. Risk-based concentration table. US Environmental Protection Agency, January-June 1996. USEPA, Region III, Philadelphia, 1996.
39. Wang SL, Xu XR, Sun YX, Liu JL, Li HB. Heavy metal pollution in coastal areas of South China: A review. Mar Pollut Bull 2013; 76(1-2): 7-15.
40. Nasrollahzadeh Saravi H, Pourgholam R, Pourang N, Rezaei M, Makhloogh A, Unesipour H, Heavy M, et al. Concentrations in Edible Tissue of Cyprinus Carpio and Its Target Hazard Quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast, (2010). J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 23(103): 34-45 (Persian).
41. Hassanpour M, Sinka Karimi MH, Karimi GH, Rajaei GH, Khosravi M. Determination of metals in muscle tissue of Clupeonella cultiventris caspia and human health risks. The third International Conference on Environmental Planning Management. Tehran University 29-30 Octobr 2013.