

Original Paper

Determination of iron and nickel metals in the muscle of fish *Terapon puta*

***Mohammad Gholizadeh (Ph.D)**, Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: gholizade_mohammad@yahoo.com ORCID 0000-0002-2314-0714

Behroz Mohammadzadeh (Ph.D), Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. ORCID 0000-0002-3999-2049

Ali Kazemi (Ph.D), Assistant Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran. ORCID 0000-0003-0618-6435

Abstract

Background and Objective: Fish is one of the creatures which have the bio-accumulation of heavy metals. *Terapon puta* belongs to the order of Perciformes, is a benthic species in the waters of the Persian Gulf. This study was performed to evaluate the bio-accumulation of iron and nickel metals in the muscle of *Terapon puta*.

Methods: This descriptive-analytical study was performed on 30 pieces of *Terapon puta* caught in the Jefreh pier area of Bushehr, north of the Persian Gulf during the summer of 2019. Length (mm) and total weight (g) of fish were measured. The concentrations of iron and nickel in fish muscle tissue for human consumption were compared with international standards and calculated according to the US Environmental Protection Agency (USEPA) method for fish consumption, estimated daily uptake (EDI), and pollutant risk index (CR). After preparation, bioassay and, digestion of fish muscle with concentrated nitric acid, the concentration of iron and nickel (mg/kg) in muscle tissue was measured with ICP-OES.

Results: The mean concentrations of iron and nickel in muscle tissue of fish samples were calculated 36.08 ± 15.72 and 0.39 ± 0.13 mg/kg, respectively. There was a significant difference between the concentrations of iron and nickel in the muscle tissue of the *Terapon puta* in the sampling area ($P < 0.05$) and these values were lower than the standard and meaningless the muscle tissue of the *Terapon puta* in the sampling area compared to the FDA standard. The highest concentration of metals was observed in the length class of 20-25 cm and weight class of 230-260 g. Linear regression analysis showed that a strong increase ($R^2 = 0.9$) between the concentration of iron and nickel with the length and total weight of fish. The daily uptake of both metals was obtained by consuming *Terapon puta* muscle tissue for consumers below the USEPA reference dose. The concentration of iron in the muscle tissue of *Terapon puta* was lower than the international standards. Nickel concentration was more than allowable limit according to WHO standards. The carcinogenicity risk index for nickel was acceptable.

Conclusion: Concentrations of iron and nickel in *Terapon puta* were considered acceptable for human consumption in terms of toxicity. The risk index for *Terapon puta* was less than one; therefore, the consumption of *Terapon puta* will not cause adverse health effects for consumers.

Keywords: *Terapon puta*, Heavy Metals, Poisoning

Received 14 Jul 2020

Revised 15 Aug 2020

Accepted 25 Aug 2020

Cite this article as: Gholizadeh M, Mohammadzadeh B, Kazemi A. [Determination of iron and nickel metals in the muscle of fish *Terapon puta*]. J Gorgan Univ Med Sci. 2021 Spring; 23(1): 121-128. [Article in Persian]

تجمع زیستی فلزات آهن و نیکل در عضله ماهی گمگام (*Terapon puta*)

ORCID 0000-0002-2314-0714

* دکتر محمد قلی زاده، استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

ORCID 0000-0002-3999-2049

دکتر بهروز محمدزاده، استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

ORCID 0000-0003-0618-6435

دکتر علی کاظمی، استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: ماهیان از جمله موجوداتی هستند که قابلیت تجمع زیستی فلزات سنگین را دارا هستند. ماهی گمگام (*Terapon puta*) از راسته سوف ماهیان، گونه‌ای کفزی در آب‌های خلیج فارس است. این مطالعه به منظور ارزیابی تجمع زیستی فلزات آهن و نیکل در عضله ماهی گمگام انجام شد.

روش بررسی: این مطالعه توصیفی - تحلیلی روی ۳۰ قطعه ماهی گمگام صید شده در محدوده اسکله جفره بوشهر (شمال خلیج فارس) طی تابستان ۱۳۹۸ انجام گردید. طول (میلی‌متر) و وزن کل (گرم) ماهی‌ها اندازه‌گیری شد. میزان غلظت عناصر آهن و نیکل در بافت عضله ماهی به منظور مصارف انسانی با استانداردهای جهانی مقایسه و طبق روش آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) برای مصرف ماهی، برآورد جذب روزانه (EDI) و شاخص خطر سرطان‌زایی آلاینده (CR) محاسبه گردید. به طوری که پس از عملیات آماده‌سازی، زیست‌سنجی و هضم عضله ماهی توسط اسید نیتریک غلیظ، اندازه‌گیری غلظت عناصر آهن و نیکل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) بافت عضله با دستگاه ICP-OES انجام شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت آهن و نیکل در بافت عضله نمونه‌های ماهی به ترتیب به میزان 36.08 ± 1.07 و 0.39 ± 0.13 میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت آهن و نیکل در بافت عضله ماهی گمگام در منطقه نمونه‌برداری مشاهده شد ($P < 0.05$) و این مقادیر در مقایسه با استاندارد FDA کمتر از حد استاندارد بود. بیشترین میزان غلظت عناصر در کلاسه طولی ۲۵-۲۰ سانتی‌متر و کلاسه وزنی ۲۳۰-۱۶۰ گرم مشاهده شد. آنالیز رگرسیون خطی نشان داد که رابطه افزایشی قوی ($R^2 = 0.9$) بین میزان غلظت عناصر آهن و نیکل با طول و وزن کل ماهی‌ها مشاهده شد. میزان جذب روزانه در هر دو فلز از طریق مصرف بافت عضله ماهی گمگام، برای مصرف‌کنندگان پایین‌تر از دوز مرجع USEPA به دست آمد. میزان غلظت آهن در بافت عضله ماهی گمگام در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی پایین‌تر و غلظت نیکل در مقایسه با استانداردها سازمان بهداشت جهانی بیش از حد مجاز تعیین شد. شاخص خطر سرطان‌زایی آلاینده برای فلز نیکل، در محدوده قابل قبول بود.

نتیجه‌گیری: غلظت فلزات آهن و نیکل در ماهی گمگام از نظر مسمومیت، برای مصارف انسان قابل قبول ارزیابی شد. شاخص خطر در ماهی گمگام کمتر از یک بود؛ بنابراین مصرف ماهی گمگام سبب بروز عوارض سوء بهداشتی برای مصرف‌کنندگان نخواهد شد.

کلید واژه‌ها: ماهی گمگام، فلزات سنگین، مسمومیت

* نویسنده مسؤول: دکتر محمد قلی زاده، پست الکترونیکی gholizade_mohammad@yahoo.com

نشانی: استان گلستان، گنبد کاووس، دانشگاه گنبد کاووس، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه شیلات، تلفن ۰۱۷-۳۳۲۶۱۷۶۹

و صول مقاله: ۱۳۹۹/۴/۲۴، اصلاح نهایی: ۱۳۹۹/۵/۲۵، پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۶/۴

مقدمه

بیولوژیکی شده و در موجودات آبرزی و ستون آب اثر می‌گذارد. از مهم‌ترین فاکتورهایی که موجب ورود فلزات به محیط زیست می‌شود، می‌توان به پساب‌های صنعتی و شهری، منابع غیر نقطه‌ای و رواناب اشاره کرد. این آلاینده‌ها در محیط آبی می‌تواند موجب مسمومیت و بیماری‌های حاد و مزمن در انسان شود (۲). عوارض این آلاینده‌ها بر سلامت انسان که در معرض مداوم و تدریجی آن قرار می‌گیرد، مشکلات کلیوی، کبدی و استخوانی به طور بالقوه سرطان‌زا، جهش‌زا و آلرژی‌زا باشند (۳). گوشت ماهی به دلیل وجود اسیدهای چرب به خصوص

منابع آبی به اشکال مختلف و توسط آلاینده‌های مختلفی آلوده می‌شود. برخی از آلاینده‌ها مانند فلزات سنگین سرب، آهن و جیوه زوال ناپذیر هستند و اثرات بسیار شدیدی بر آب و موجودات آبرزی و همچنین بر زنجیره اکوسیستمی دارند (۱). آلودگی بوم‌سازگان با فلزات سنگین یکی از مشکلات مهم محیط زیست است. سواحل و مصب‌ها از مهم‌ترین مناطق برای تهنشینی بسیاری از آلاینده‌ها است. فلزات با ورود در قسمت‌های متفاوت بوم‌سازگان آبی تنزل می‌یابند. در رسوبات بستر جمع و از آنجا وارد چندین چرخه شیمیایی و

دلیل فعالیت‌های متفاوت انسانی از جمله صنایع حمل و نقل دریایی، مزارع آبی‌پروری و فاضلاب‌های شهری از جمله مناطق آلوده به فلزات سنگین در خلیج فارس به حساب می‌آید. در میان فلزات سنگین، آهن و نیکل به دلیل نیمه‌عمر طولانی در بدن انسان و دیگر حیوانات و سمی بودن زیاد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۱۰). همچنین به دلیل اثرات سرطان‌زایی و نوروکسیک فلزات سنگین، حتی در مقادیر بسیار اندک، توجه ویژه‌ای در سراسر جهان به این مسأله معطوف شده است (۱۱). روش‌های تحلیلی جدید برای اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل محتوای فلزی، حتی در سطوح ppb در سال‌های اخیر توانسته است اختلالات مرتبط با مصرف فلزات سنگین را جستجو نموده و سپس اثرات سرطان‌زایی را بر اندام‌های مختلف بررسی نماید (۱۲). همچنین امروزه برای ارزیابی اثرات سرطان‌زایی، از شاخص خطر سرطان‌زایی (Carcinogenic Risk: CR) استفاده می‌شود (۱۳). کوشاfer و همکاران مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی فاکتورهای سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در عضله ماهیان بیاح، شانک زرد باله و شبه شوریده چشم درشت رودخانه بهمنشیر در فصل زمستان از پنج ایستگاه انجام داده‌اند. نتایج نشان داد که هر سه گونه نسبت به سرب سرطان‌زایی داشتند؛ اما نسبت به جیوه فقط گونه شانک خارج از حد استاندارد خارج بود (۱۴). Huang و همکاران (۱۵) مطالعه‌ای بر توزیع و ارزیابی خطر سلامت فلزات سنگین در عضله ۱۶ گونه ماهی (۱۵۵ نمونه) در دریای شمال چین انجام دادند. به طور کلی، غلظت فلزات مورد مطالعه در اکثر نمونه‌های ماهی پایین‌تر از سطح استاندارد بود و سطح سرب و جیوه در ۰/۶۵ درصد از نمونه‌ها فراتر از استانداردهای کیفی بود. همچنین شاخص خطر سرطان‌زایی Cr، As و Cd کمتر از 10^{-4} بود (۱۵). این مطالعه به منظور ارزیابی تجمع زیستی فلزات آهن و نیکل در عضله ماهی گمگام (*Terapon puta*) انجام شد.

روش بررسی

در این مطالعه توصیفی - تحلیلی اثر طول و وزن کل (اندازه) ماهی گمگام بر میزان تجمع عناصر آهن و نیکل در آزمایشگاه بوم‌شناسی - شیلات دانشگاه گنبد کاووس طی تابستان ۱۳۹۸ ارزیابی شد.

۳۰ قطعه ماهی گمگام از بازار ماهی خریداری شدند که از محدوده اسکله جفره بوشهر (شمال خلیج فارس) صید شده بودند. اسکله جفره در موقعیت بین ۵۰ درجه، ۴۹ دقیقه و ۲۰ ثانیه طول جغرافیایی و ۲۸ درجه، ۵۸ دقیقه و ۲۳ ثانیه عرض جغرافیایی در شمال غربی بوشهر واقع شده است. عملیات میدانی (نمونه‌برداری) به صورت تصادفی از بین ماهیان صید شده و آماده عرضه به بازار از یک منطقه مشخص از اسکله جفره در استان بوشهر انجام شد. بلافاصله ماهی‌ها داخل کیسه پلاستیکی قرار گرفتند و سپس داخل

اسیدهای چرب با چند پیوند غیر اشباع (PUFA) مثل امگا ۳ و اسیدهای آمینه دارای ارزش غذایی بالایی نسبت به سایر غذاهای جانوری هستند. در مقایسه با فواید مصرف ماهی در رژیم غذایی، یکی از مشکلات مرتبط با مصرف ماهی، خطر در معرض قرارگیری با آلاینده‌های محیط زیستی پایدار سرطان‌زا (نظیر DDT، PCBs و دیوکسین) و غیرسرطانزا (از جمله کادمیوم) است. به عبارتی این فلزات، حتی در مقادیر کم می‌توانند منجر به اثرات سمی دراز مدت در سیستم‌های بیولوژی شده و به سایر موجودات از طریق زنجیره غذایی انتقال یابند (۴). مطالعاتی برای بررسی میزان سمیت فلزات در ماهی و ارزیابی خطر آنها انجام شده است (۶و۵). نتایج مطالعه صارمی بر روی نقش کادمیوم در سرطان‌زایی از طریق مواد غذایی دریایی نشان داد که این فلز بر بافت‌های کلیه و کبد تاثیر سوء داشته و در بعضی مواقع باعث بروز نازایی می‌شود (۷). مطالعه دیگری به بررسی تجمع فلزات سنگین و ارزیابی خطر سلامتی انسان از طریق مصرف ماهی آب شیرین *Mastacembelus armatus* در منطقه Aligarh، هند در سال ۲۰۱۵ انجام شد و نتایج نشان داد که Ni و Co (فلزاتی در لیست سرطان‌زایی آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا، USEPA 2012) (USEPA) (US Environmental Protection Agency: USEPA) هر دو مقادیر شاخص سیل خطر (Target Hazard Quotient: THQ) بیش از یک داشتند. نیکل خطر بالای سرطان برای افراد در معرض خطر را نشان می‌دهد. مانند THQ، خطر تخمینی سرطان در طول عمر (Target Risk: TR) یک برآورد خاصی از سرطان‌های مورد انتظار نیست. در عوض، ظاهراً حد بالایی از احتمال ابتلا به این بیماری مربوط به افرادی است که در طول عمر خود مواجهه با آن سموم، مبتلا به سرطان می‌شوند (۸).

ماهی گمگام (*Terapon puta*) متعلق به خانواده Terapontidae از راسته Perciformes یا سوف ماهی - شکلان بوده و در رده Actinopterygii از فوق رده ماهیان استخوانی قرار دارد. استفاده تجاری از این ماهی برای ساکنین بومی منطقه در آب‌های خلیج فارس گزارش شده است. از گونه‌های کفزی است که در آب‌های شور، لب شور و شیرین مشاهده شده است (۹). جزو ماهیان مهاجر محسوب شده و از ماهیان، حشرات و بی مهرگان در لابه‌لای ماسه‌ها و سنگ‌ها تغذیه می‌نماید. گونه ماهی مورد بررسی دارای گوشت لذیذ بوده و مورد توجه ساحل‌نشینان است. با توجه به خصوصیات زیستی و تغذیه‌ای، گونه مورد مطالعه می‌تواند به منظور تبیین وضعیت آلودگی منطقه مورد مطالعه استفاده نمود. استان هرمزگان و بوشهر در جنوب شرقی ایران و شمال غربی سواحل خلیج فارس واقع شده است. آب‌های این منطقه به دلیل وجود تعداد زیاد کارخانه پتروشیمی، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در معرض آلاینده‌های آلی و معدنی قرار می‌گیرند و همچنین این سواحل به

مصرف کنندگان در پی خواهد داشت (۱۸). در این رابطه EFr بسامد در معرض قرارگیری (۳۶۵ روز در سال)، EDtot میزان در معرض قرارگیری (۷۲ سال)، FIR نرخ خوردن غذا (برای ماهی حدود ۳۱/۹۲ گرم در روز برای هر فرد 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)، Bwa میانگین وزن افراد بالغ (۷۰ کیلوگرم) و ATN زمان در معرض قرارگیری برای ترکیبات غیر سرطانزا (۳۶۵ روز در سال ضربدر تعداد سال‌های در معرض قرارگیری، حدود ۷۲ سال) است (۱۸).

شاخص خطر سرطان‌زایی آلاینده (CR) از رابطه $CR = EDI \times CSF$ به دست می‌آید. در این رابطه EDI میزان جذب روزانه فلزات توسط بدن و CSF فاکتور شیب سرطان است. همچنین، شاخص خطر ابتلا به سرطان بین 10^{-6} (خطر ابتلا به سرطان در طول زندگی انسان ۱ به ۱۰۰۰۰۰۰) و 10^{-4} (خطر ابتلا به سرطان در طول زندگی انسان ۱ به ۱۰۰۰۰) نشان‌دهنده فاصله‌ای از خطرات احتمالی پیش‌بینی شده برای عوامل ایجاد کننده سرطان است. بنابراین، مواد شیمیایی دارای فاکتور خطر کمتر از 10^{-6} ، به عنوان مواد شیمیایی نگران کننده در نظر گرفته نمی‌شوند (۱۸). محاسبات مربوط، براساس پیش‌فرض‌های استاندارد پیش نهاد شده توسط USEPA انجام شد. طبق طبقه‌بندی IARC (آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان)، ترکیبات نیکل، عنصر سرطان‌زای کلاس I هستند (۱۹). برای ارزیابی خطر انباشت آهن و نیکل در بافت عضله ماهی گمگام، نتایج به دست آمده با استانداردهای ملی و استانداردهای بین‌المللی در این زمینه مقایسه شدند.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-26 تجزیه و تحلیل شدند. برای ارزیابی بین عناصر آهن و نیکل در مکان نمونه‌برداری و بین دو کلاسه وزنی (۱۶۰-۹۰ سانتی‌متر و ۲۳۰-۱۶۰ سانتی‌متر) و طولی (۲۰-۱۵ گرم و ۲۵-۲۰ گرم) با هم از t-test استفاده شد. برای تعیین وجود ارتباط خطی و میزان آن بین مقادیر تجمع فلزات سنگین و مشخصات زیست‌سنجی (طول و وزن کل) از آزمون رگرسیون خطی استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. نمودارها در نرم‌افزار Excel-2013 ترسیم شدند.

یافته‌ها

میانگین غلظت آهن $36/08 \pm 15/77$ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین غلظت نیکل $0/39 \pm 0/13$ میلی‌گرم بر کیلوگرم در بافت عضله ماهی گمگام تعیین شد. افزایش آماری معنی‌داری بین غلظت آهن و نیکل در بافت عضله ماهی گمگام در منطقه نمونه‌برداری یافت شد ($P < 0/05$).

نتایج زیست‌سنجی و میانگین میزان فلزات در بافت ماهی گمگام در جدول یک آمده است. براساس نتایج بیشترین میزان غلظت

یخدان پر از یخ چیده شدند و پس از آن نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه گنبد کاووس منتقل شدند. تعداد ۳۰ قطعه ماهی در دو کلاسه طولی ۲۰-۱۵ سانتی‌متر و ۲۵-۲۰ سانتی‌متر انتخاب شدند. نمونه‌ها با آب شهر و آب مقطر شستشو داده شدند و طول کل با خط کش با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و وزن با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. پس از زیست‌سنجی، بافت عضله جدا و با آب مقطر شستشو شد و در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. به میزان ۳ گرم از نمونه بافت عضله ماهی پودر شده (وزن تر) وزن گردید و در ارلن‌مایر ۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شدند. مقدار ۴ میلی‌گرم اسیدنیتریک ۶۵ درصد به نمونه‌ها اضافه شد و در دمای اتاق، زیر هود به مدت حداقل یک ساعت قرار گرفت تا هضم اولیه صورت گیرد. بعد ۱/۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها بر روی حمام شن (Hot plate) در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند تا هضم کامل انجام گردد. پس از هضم، نمونه‌ها در هوای محیط قرار داده گرفتند تا سرد شوند. در پایان با استفاده از آب دیونیزه نمونه‌ها را به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و سپس محلول‌های به حجم رسیده توسط کاغذ صافی واتمن (۴۰ میکرون) فیلتر شدند. بعد از آن نمونه‌ها در ظرف پلی‌اتیلنی درب‌دار و در محیط سرد یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شدند (۱۶). برای سنجش میزان فلزات سنگین در عضله ماهی از دستگاه ICP-OES مدل Liberty RL (Optima 2100 DV, Perkin Elmer Inc., Shelton, CT, USA) استفاده شد.

پتانسیل خطر سرطان‌زایی فلزات سنگین وارد شده به بدن انسان به دنبال مصرف ماهی، تخمین میزان جذب روزانه فلزات توسط بدن (Estimation of Daily Intake: EDI) و شاخص سیبیل خطر (THQ) و همچنین برآورد CR با استفاده از معادلات زیر، بر اساس میزان سرانه مصرف ملی (میانگین مصرف روزانه ماهی برای بزرگسالان) به مقدار ۳۱/۹۲ گرم (۱۷) به ازای هر نفر در روز، محاسبه شد (۱۸).

$$EDI = (C \times FIR) / BW$$

در این رابطه EDI میزان جذب روزانه فلزات توسط بدن، C میزان غلظت تعیین شده فلزات در مواد غذایی مصرفی و FIR نرخ خوردن غذا بر حسب گرم در روز است.

$$THQ = (EFr \times EDtot \times FIR \times C) / (RfDo \times Bwa \times ATN) \times 10^3$$

شاخص سیبیل خطر (THQ) در واقع نسبت بین میزان در معرض قرارگیری فلزات و دز رفرنس آنها است که برای بیان اثرات غیرسمی به کار می‌رود. اگر میزان این نرخ کمتر از یک باشد؛ نشان‌دهنده عدم وجود هیچگونه ریسک قابل مشاهده است. اگر این نسبت برابر یا بزرگتر از یک باشد؛ خطراتی برای سلامتی

جدول ۱: نتایج حاصل از مقایسه عناصر آهن و نیکل (میکروگرم بر گرم) در بافت عضله ماهی گمگام در کلاسه طولی و وزنی مختلف

متغیرها	میانگین و انحراف معیار آهن	میانگین و انحراف معیار نیکل	تعداد (n)	حداقل	حداکثر
کلاسه طولی (سانتی متر)	۳۶/۱۲±۱۰/۷۱a	۰/۲۱±۰/۰۵a	۱۹	۱۵/۲	۱۹/۵
کلاسه وزنی (گرم)	۴۳/۸۵±۷/۲۸b	۰/۲۷±۰/۰۶b	۲۰	۱۶۴	۲۲۵/۶۵
کلاسه طولی (سانتی متر)	۵۴/۴۷±۵/۴۷b	۰/۳۲±۰/۰۳b	۱۱	۲۰	۲۳/۴
کلاسه وزنی (گرم)	۲۱/۹۵±۵/۷۳a	۰/۱۷±۰/۰۵a	۱۰	۹۵/۵۳	۱۵۶/۴۷

حروف غیر یکسان در هر ستون نشان از تفاوت معنی دار در سطح کمتر از ۰/۰۰۱ است.

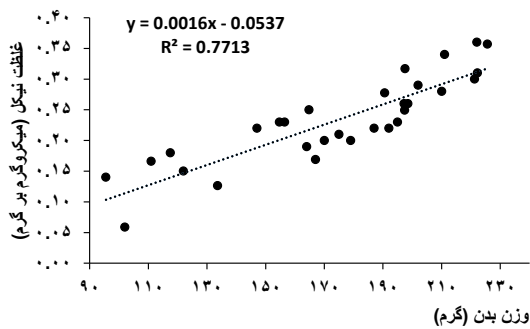
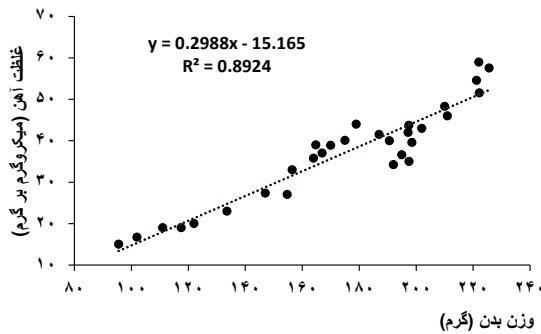
جدول ۲: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین آهن و نیکل (میکروگرم بر گرم) در بافت ماهی گمگام با استانداردهای موجود

مطالعه حاضر	WHO	FDA	EDI	THQ
آهن	۱۰۰	۵۰	۱۶/۷۷	۰/۰۲۴
نیکل	۰/۳۸	۱	۰/۰۹۷	۰/۰۰۸۹
منابع	(FDA، ۱۹۹۶)	(FDA، ۲۰۱۲)	مطالعه حاضر	مطالعه حاضر

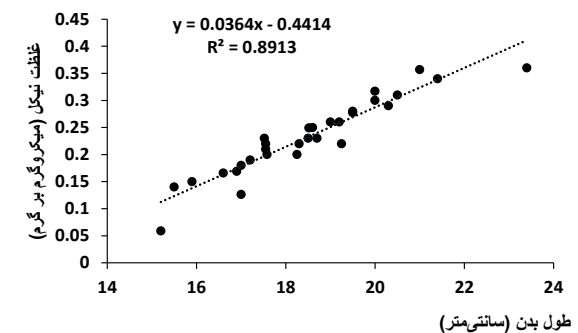
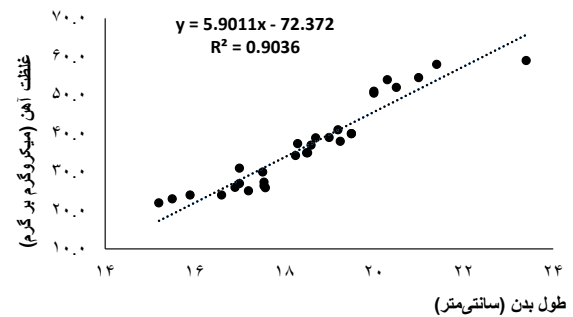
۰/۱۶-وزن کل Ni=۰/۰۰۲۲ نشان داد.

عناصر در کلاسه طولی ۲۵-۲۰ سانتی متر و کلاسه وزنی ۲۳۰-۱۶۰ گرم مشاهده شد.

بین میزان غلظت عناصر آهن و نیکل با طول کل ماهی ارتباط مثبت و معنی داری یافت شد. به طوری که با افزایش طول ماهی، میزان غلظت عناصر آهن و نیکل نیز در بافت عضله ماهی گمگام بیشتر است. همچنین رابطه غلظت عناصر با وزن ماهی نیز رابطه مثبت و معنی داری نشان داد (شکل های ۱ و ۲).



شکل ۲: رابطه بین میزان فلزات آهن و نیکل با وزن بدن ماهی گمگام



شکل ۱: رابطه بین میزان فلزات آهن و نیکل با طول بدن ماهی گمگام

مقادیر نتایج مطالعه حاضر با استانداردهای مجاز تعیین شده فلزات سنگین در سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و دارو آمریکا (FDA) در جدول ۲ مقایسه شده است. مقایسه نتایج نشان داد که میزان غلظت آهن در بافت عضله ماهی گمگام در مقایسه با استانداردهای مورد استفاده پایین تر است. سطح میزان غلظت نیکل در مقایسه با استانداردها سازمان بهداشت جهانی بیش از حد مجاز بود. ارزیابی خطر مصرف غذایی فلزات سنگین از طریق مصرف محصولات دریایی به وسیله میزان خطر بالقوه (THQ) محاسبه شد (جدول ۲).

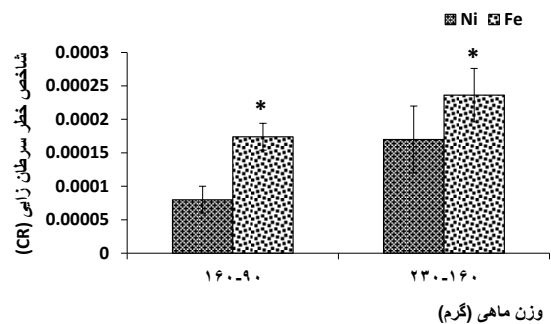
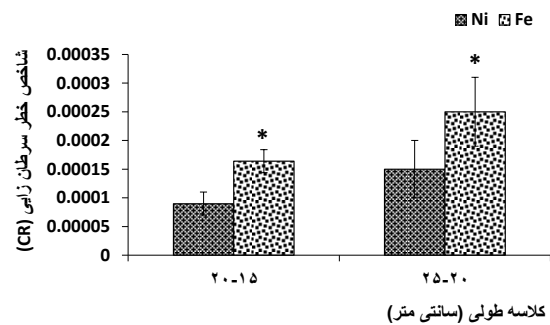
نیکل بیشترین ضریب همبستگی با طول کل ماهی ($R^2=0/9$) و رابطه رگرسیونی $0/45-Ni=0/37$ طول کل و همچنین بالاترین ضریب همبستگی با وزن کل ($R^2=0/89$) با رابطه رگرسیونی

نشان داد که میزان فلز نیکل در عضله دو گونه ماهی مورد مطالعه نسبت به فلزات کادمیوم و سرب در عضله بالاتر است. همچنین میانگین میزان فلزات در دو گونه ماهی در فصل تابستان بالاتر از فصول بهار و پاییز بود (۲۲).

در مطالعه حاضر میان میزان غلظت عناصر آهن و نیکل با طول کل ماهی در منطقه مورد مطالعه ارتباط مثبت و معنی داری یافت شد. به عبارت دیگر هر چه طول کل ماهی گمگام بیشتر باشد؛ میزان غلظت عناصر آهن و نیکل نیز در بافت عضله ماهی گمگام بیشتر است. همچنین رابطه غلظت عناصر با وزن ماهی نیز رابطه مثبت و معنی داری داشت. در مطالعه دادالهی و همکاران یک رابطه خطی مستقیم بین میزان فلزات سرب و کادمیوم با طول و وزن کل در بافت عضله و آبشش ماهی شیریت یافت شد (۲۳). در مطالعه شیروندی مهدوی میزان فلزات سنگین در بافت‌های عضله و کبد دو گونه ماهی شورت نقره‌ای و پلی خط کمانی در سواحل حوضه جنوبی جزیره قشم نشان داد که بین غلظت فلزات و اندازه بدن ارتباط معنی داری از لحاظ آماری وجود دارد. به عبارت دیگر با افزایش طول و وزن بدن ماهی شدت آلودگی نیز افزایش می‌یابد (۲۴).

بیشتر اندام‌های ماهی در برابر مسمومیت با فلزات سنگین حساس هستند. در این مطالعه بافت عضله ماهی به دلیل نقش مهم آن در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف، مورد ارزیابی قرار گرفت. مشهود است که عضلات مکان فعالی برای انتقال زیستی و انباشت فلزات نیستند؛ اما از آنجایی که در زیستگاه‌های آبی آلوده غلظت فلزات در عضلات ماهی ممکن است از محدوده مجاز برای مصرف انسان تجاوز کند؛ لذا امکان تهدیدی جدی برای سلامت انسان است. مقادیر نتایج مطالعه حاضر با استانداردهای مجاز تعیین شده فلزات سنگین در WHO و FDA مقایسه شد. نتایج نشان داد که میزان غلظت آهن در بافت عضله ماهی گمگام در مقایسه با استانداردهای مورد استفاده پایین‌تر است. سطح میزان غلظت نیکل در مقایسه با استانداردهای WHO بیش از حد مجاز مشاهده شد. ارزیابی خطر مصرف غذایی فلزات سنگین از طریق مصرف محصولات دریایی به وسیله میزان خطر بالقوه (THQ) محاسبه شد. تحسینی و همکاران (۲۵) به ارزیابی غلظت فلزات سنگین و خطر مصرف آن در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در حوضچه‌های پرورش ماهی در شهرستان سنجید پرداختند. همچنین میزان مجاز روزانه ۸۸/۷ گرم برای بزرگسالان و برای کودکان ۱۷۷/۷ گرم محاسبه شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزات مس، آهن، روی، نیکل و منیزیم در بافت عضله ماهی در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی پایین‌تر از حد مجاز است (۲۵). علت بالا بودن غلظت فلز نیکل در بافت عضله ماهی گمگام در منطقه مورد

فاکتور شیب سرطان در کلاسه‌های وزنی و طولی مختلف از ماهی گمگام در شکل ۳ آمده است. برای هر دو فلز شاخص شیب سرطان به ترتیب در کلاسه طولی ۲۵-۲۰ سانتی‌متر و وزنی ۱۶۰-۲۳۰ گرم بیشتر بود. اختلاف آماری معنی‌داری بین شاخص شیب سرطان از آهن در بافت عضله ماهی گمگام با کلاسه‌های طولی وجود داشت ($P < 0/05$). کلاسه‌های وزن بدن ماهی با میزان شیب سرطان نیکل اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$).



شکل ۳: فاکتور شیب سرطان در کلاسه‌های وزنی و طولی مختلف از ماهی گمگام ($P < 0/05$)

بحث

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، اختلاف معنی‌داری بین غلظت آهن و نیکل در بافت عضله ماهی گمگام در منطقه نمونه‌برداری یافت شد. وجود تفاوت معنی‌داری در بین میزان غلظت عناصر سنگین در گونه‌ها و مناطق مختلف می‌تواند به دلیل اعمال شرایط مدیریتی و زیست محیطی مختلف، تخلیه فاضلاب‌ها و فعالیت‌های آبریز پروری در مناطق مورد بررسی باشد (۲۰). مطالعه Dural و همکاران نشان داد که بین غلظت فلزات سنگین در بدن موجودات آبرزی در مناطق مختلف (خلیج فارس، خلیج مصر، خلیج اسکندریون و تالاب‌های کالیفرنیا) به دلیل شرایط محیطی متفاوت مثل درجه حرارت، نور و وجود فعالیت‌های انسانی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (۲۱). در مطالعه شهری و ولایت‌زاده اثر فصول بر تجمع فلزات در عضله ماهی شانک زرد باله و زمین کن دمنواری در دریای عمان در ارتباط با طول و وزن کل از ۴۸ ماهی ارزیابی شد (۲۲). نتایج

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که در غلظت فلزات آهن و نیکل بافت عضله ماهی با کلاسه‌های طولی و وزنی اختلاف معنی دار و همبستگی مثبت وجود دارد. به طوری که با افزایش طول و وزن بدن ماهی، غلظت این فلزات نیز افزایش می‌یابد. میزان غلظت آهن در بافت عضله ماهی گمگام در مقایسه با استانداردهای مورد بررسی پایین تر از حد مجاز بود؛ اما فلز نیکل در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی، بیشتر از حد مجاز تعیین شد که ممکن است مشکلاتی را برای مصرف کنندگان ایجاد نماید. نتایج بررسی میزان THQ برای بزرگسالان نشان داد که مصرف ماهی گمگام برای مصرف کنندگان خطری دربر ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی (شماره ۴۵۳۱۸۴) مصوب دانشگاه گنبد کاووس بود و با حمایت مالی آن دانشگاه به انجام رسید. بدین وسیله از دانشگاه گنبد کاووس برای فراهم آوردن امکانات لازم و از دیگر عزیزان یاری کننده این مطالعه، تشکر می‌نمایم.

References

1. Rajaei Q, Pourkhabbaz A, Hesari Motlagh S. [Assessment of Heavy Metals Health Risk of Groundwater in Ali Abad Katoul Plian]. *J North Khorasan Univ Med Sci*. 2012; 4(2): 155-62. DOI: 10.29252/jnkums.4.2.155 [Article in Persian]
2. Al-Najare GA, Hantoush AA, Al-Shammary AC, Al-Saad HT. [Bioaccumulation of heavy metals in *Acanthopagrus latus* collected from Iraqi marine waters]. *Iraqi Journal of Aquaculture*. 2014; 11(2): 125-38. [Article in Arabic]
3. Bellassoued K, Hamza A, Pelt JV, Elfeki A. Seasonal variation of *Sarpa salpa* fish toxicity, as related to phytoplankton consumption, accumulation of heavy metals, lipids peroxidation level in fish tissues and toxicity upon mice. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2013 Feb; 185(2): 1137-50. DOI: 10.1007/s10661-012-2621-1
4. Solgi E. [Risk assessment of non-carcinogenic effects of lead, cadmium, and zinc in *Cyprinus carpio* from Zarivar wetland]. *Journal of Health in Field*. 2015; 2(4): 18-25. DOI: 10.22037/jhf.v2i4.7575 [Article in Persian]
5. Alkan N, Aktas M, Gedik K. Comparison of metal accumulation in fish species from the southeastern Black Sea. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2012 Jun; 88(6): 807-12. DOI: 10.1007/s00128-012-0631-x
6. Mitra A, Chowdhury R, Banerjee K. Concentrations of some heavy metals in commercially important finfish and shellfish of the River Ganga. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012; 184: 2219-30. DOI: 10.1007/s10661-011-2111-x
7. Saremi A. [Cadmium as a carcinogen]. *Feyz*. 2013; 16(7): 697-98. [Article in Persian]
8. Iyengar GV, Nair PP. Global outlook on nutrition and the environment: meeting the challenges of the next millennium. *Sci Total Environ*. 2000 Apr; 249(1-3): 331-46. DOI: 10.1016/S0048-9697(99)00529-x
9. Riede K. Global register of migratory species: from global to regional scales. Final Report of the R&D-Projekt 808 05 081. Bonn: Federal Agency for Nature Conservation. 2004; pp: 211-18.

مطالعه وجود صنایع مختلف در کنار سواحل، تخلیه پساب صنعتی و شهری است که خود انواع فلزات سنگین را دربرداشته و موجب افزایش غلظت این فلز در این منطقه می‌شود. همچنین نتایج شاخص THQ کمتر از یک برای بافت عضله ماهی گمگام در منطقه مورد بررسی محاسبه شد. بدین معنی که THQ کمتر از یک در ارزیابی خطر به منزله عدم عوارض نامطلوب بهداشتی برای مصرف کننده است؛ لذا تهدیدی برای بومیان مصرف کننده نیست. برای هر دو فلز شاخص شیب سرطان به ترتیب در کلاسه طولی ۲۵-۲۰ سانتی متر و وزنی ۲۳۰-۱۶۰ گرم بیشتر بود. نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین شاخص شیب سرطان از آهن در بافت عضله ماهی گمگام با کلاسه‌های طولی وجود دارد. کلاسه‌های وزن بدن ماهی با میزان شیب سرطان نیکل اختلاف آماری معنی داری نشان داد. به عبارت دیگر میزان CR در مواجهه با عناصر آهن و نیکل، خطر کمی در برابر خطر سرطان زایی دارد. در نهایت با توجه به نتایج و پی بردن به آلودگی نسبی و اهمیت بوم‌شناختی منطقه ساحلی بوشهر ارایه راهکارهای مدیریتی در جهت بهبود شرایط موجود پیشنهاد می‌شود.

10. Sarkar B. *Heavy metals in the environment*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Press. 2002; pp: 1-20.
11. Sathawara NG, Parikh DJ, Agarwal YK. Essential heavy metals in environmental samples from western India. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2004; 73(4): 756-61. DOI: 10.1007/s00128-004-0490-1
12. Kheirabadi H, Afyuni M, Ayoubi S, Soffianian A. [Risk Assessment of Heavy Metals in Soils and Major Food Crops in the Province of Hamadan]. *Journal of Water and Soil Science*. 2016; 19 (74): 27-38. DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.74.3 [Article in Persian]
13. Yi Y, Tang C, Yi T, Yanga Z, Zhang S. Health risk assessment of heavy metals in fish and accumulation patterns in food web in the upper Yangtze River, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2017 Nov; 147: 295-302. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.07.022
14. Koshafar A, Savari A, Sakhaei N, Archengi B, Karimi Organi F. [Evaluation of carcinogenicity and non-carcinogenicity of heavy metals in the dominant muscle of Bahmanshir River]. *Journal of Animal Environment*. 2019; 11(4): 155-162. [Article in Persian]
15. Huang X, Qin D, Gao L, Hao Q, Chen Z, Wang P, et al. Distribution, contents and health risk assessment of heavy metal(loid)s in fish from different water bodies in Northeast China. *RSC Adv*. 2019; 9(57): 33130-39. DOI: 10.1039/C9RA05227E
16. Nollat LML. *Handbook of Food Analysis: Physical characterization and nutrient analysis*. 2nd ed. New York: CRC Press. 2004; p: 912.
17. Planning and Budget Office. [Statistical Yearbook of Iran Fisheries Organization 2012-2016]. 1st ed. Tehran: Iran Fisheries Organization. 2017; p: 64. [Persian]
18. Saha N, Mollah MZI, Alam MF, Rahman MS. Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the bay of Bengal and the implications for human health risk assessment. *Food Control*. 2016 Dec; 70: 110-18. DOI:

- 10.1016/j.foodcont.2016.05.040
19. Suvarapu LN, Baek SO. Determination of heavy metals in the ambient atmosphere. *Toxicol Ind Health*. 2017 Jan; 33(1): 79-96. DOI: 10.1177/0748233716654827
20. Miri M, Akbari E, Amrane A, Jafari SJ, Eslami H, Hoseinzadeh E, et al. Health risk assessment of heavy metal intake due to fish consumption in the Sistan region, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017; 189(11): 583.
21. Dural M, Lugal Göksu MZ, AkifÖzak A. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chemistry*. 2007; 102(1): 415-21. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.03.001
22. Shahri E, Velayatzadeh M. [The Effect of Cold and Warm Seasons on Accumulation of Nickel, Cadmium and Lead in Muscle of *Acanthopagrus latus* and *Platycephalus indicus* from Oman Sea (Chabahar)]. *Journal of Marine Science and Technology Research*. 2017; 12(1): 10-21. [Article in Persian]
23. Dadolahi Sohrab A, Bagher Nabavi SM, Kheivar N. [The Relationships Between Biometric Characteristics of *Barbus Grypus* with Heavy Metals Levels in Tissues (Muscle And Gill) From Arvand River, Iran]. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 2009; 17(4): 27-34. [Article in Persian]
24. Shirvani Mahdavi E. [Measurement of Lead and Cadmium in *Sillago sihama* and *Terapon Jarbua* fish tissues in the southern region of Qeshm Island]. *Journal of Marine Science and Technology Research*. 2016; 11(1): 22-29. [Article in Persian]
25. Tahsini H, Alizadeh M, Gavilian H. [Evaluation of Heavy Metals Concentration and Its Consumption Risk in Trout Fish (*Oncorhynchus Mykiss*)]. *J Environ Health Eng*. 2019; 6(2): 187-96. DOI: 10.29252/jeh.6.2.187 [Article in Persian]