17(2) 95-104, Summer 2025

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Investigating the accumulation of some essential, semi-essential and non-essential elements in the muscle tissue of golden mullet in Gilan province and its relationship with the length and weight of the fish

Hadi babaei *, Siamak Baghari, Farshad Mahisfat, Hojjat Mohsenpour

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

Key Words

Chelon auratus
Muscle
Metal elements
Caspiain Sea
Gilan province

Abstract

Introduction: Considering that the golden mullet (*Chelon auratus*) is one of the most consumed fish in the region, and it is important in terms of nutritional and economic value. It is special. This research was carried out in 2021 in order to determine the amount of some essential (copper, zinc), semi-essential (nickel, cobalt) and non-essential (lead, cadmium) elements in the muscle tissue of this fish, as well as the relationship between the amount of accumulation of these elements with total length and weight. done.

Materials & methods: In this study, a number of 12 fishes were prepared in the two regions of the west and east of Gilan province, and after being transferred to the laboratory, the biometric characteristics (total length, weight) were determined, and after separating the muscle organs by the digestion method and acid mixture (acid Nitric/perchloric acid) chemical digestion of the samples was done and the concentration was determined using an inductively coupled plasma device with optical emission spectrum (ICP-OES).

Results: The results of Pearson's correlation coefficient tests indicate a positive linear relationship between the amount of accumulation of copper, zinc, cadmium, nickel and lead elements with the factors of total length and weight of fish and the presence of a negative linear relationship between the amount of accumulation of cobalt metal with the aforementioned factors. The results of the analysis of fish samples showed that the average (± standard deviation) for the metals copper, cadmium, cobalt, lead, nickel and zinc respectively 0.491±0.045, 0.118±0.056, 0.032±0.011, 0.355±0.101, 0.076±0.013 and 9.546±0.05 micrograms per gram of dry weight, and there was no significant difference between the amount of accumulation of the studied elements in the fish of the two regions ($P<0.05$).

Conclusion: The concentration of all elements measured in the muscle tissue of golden mackerel is lower than the standards declared by organizations such as: WHO, UK(MAFF), FAO/WHO, USEPA, USDA, FAO and NHMRC. However, the consumption of this type of fish does not pose any threat to health and public health. However, due to the importance of the quality of fish consumed by the residents of the northern regions of Iran, in order to control the number of pollutants in aquatic life and consuming communities, various pollutants in the region, especially heavy metals, should be continuously evaluated and monitored.

***** Corresponding Author's email: babaeiha@yahoo.com
Received: 23 August 2024; Reviewed: 22 September 2024; Revised: 21 November 2024; Accepted: 22 December 2024
(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.2.12

مقاله پژوهشی

بررسی تجمع برخی از عناصر ضروری، نیمه ضروری و غیرضروری دربافت عضله ماهی کفال طلائی محدوده استان گیلان و ارتباط با طول و وزن ماهیان

هادی بابائی**، سیامک باقری، فرشاد ماهی‌صفت، حجت محسن‌پور

پژوهشکده آبزی پروری آب‌های‌داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

کلمات کلیدی

ماهی کفال طلائی
عضله
عناصرفلزی
دریای خزر
استان گیلان

چکیده

مقدمه: نظر به این‌که ماهی کفال‌طلائی (*Chelon auratus*) یکی از پرمصرف‌ترین ماهیان‌منطقه بوده و از لحاظ ارزش‌غذایی و اقتصادی اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این پژوهش در سال۱۴۰۰ به‌منظور تعیین میزان برخی از عناصر ضروری (مس، روی) و نیمه‌ضروری (نیکل، کبالت) و غیرضروری (سرب، کادمیم) در بافت عضله این ماهی و هم‌چنین ارتباط بین میزان انباشتگی این عناصر با طول کل و وزن صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تعداد ۱۲ عدد ماهی در دومنطقه غرب و شرق استان گیلان تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه تعیین زیست سنجی (طول‌کل، وزن) و پس از تفکیک اندام عضله به‌روش هضم تر با مخلوط اسید (اسیدنیتریک/اسیدپرکلریک) هضم‌شیمیایی نمونه‌ها صورت گرفت و با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی با طیف نشر نوری (ICP-OES) تعیین غلظت گردید.

نتایج: نتایج حاصل از آزمون های ضریب همبستگی پیرسون حاکی از رابطه خطی مثبت بین میزان تجمع عناصر مس، روی، کادمیم، نیکل و سرب با طول‌کل و وزن ماهیان و وجود همبستگی خطی منفی بین میزان انباشتگی فلز کبالت با عوامل فوق الذکربود. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های ماهی صید شده در مناطق مختلف دریای خزر در محدوده استان گیلان نشان داد که میانگین(± انحراف‌معیار) برای‌فلزات‌مس، کادمیم، کبالت، سرب، نیکل و روی به‌ترتیب۰/۰۴۵±۰/۴۹۱، ۰/۰۵۶±۰/۱۱۸، ۰/۰۱۱±۰/۰۳۲، ۰/۱۰۱±۰/۳۵۵، ۰/۰۱۳±۰/۰۷۶ و ۰/۰۵۷±۹/۵۴۶ میکروگرم برگرم وزن خشک بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری: غلظت کلیه عناصر اندازه‌گیری شده در بافت عضلانی کفال طلائی نسبت به استانداردهای اعلام شده توسط سازمان‌هایی نظیر: WHO، UK(MAFF)، FAO/WHO، USEPA، USDA، FAO و NHMRC کم‌تر می‌باشد. هرچند مصرف این گونه ماهی هیچ‌گونه تهدیدی برسلامت و بهداشت عمومی را به‌دنبال ندارد. اما با توجه به اهمیت کیفیت ماهی مصرفی برای ساکنین مناطق شمالی ایران، جهت کنترل میزان آلاینده‌ها در آبزیان و جوامع مصرف‌کننده، باید آلاینده‌های مختلف منطقه، به‌خصوص فلزات سنگین به‌طور مستمر ارزیابی و پایش‌گردد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: babaeiha@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۲شهریور ۱۴۰۳؛ تاریخ داوری: ۱ مهر ۱۴۰۳؛ تاریخ اصلاح:۱ آذر۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش:۲دی ۱۴۰۳
(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.2.12

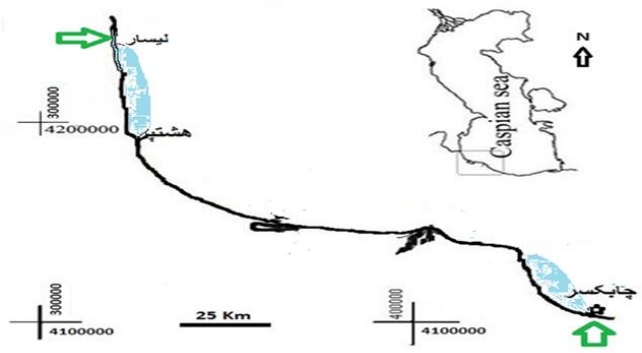
مقدمه

تحولات ایجاد شده در بخش‌های صنعتی و کشاورزی و ارتقاء سطح زندگی بشر در دهه‌های اخیر، کاربرد فلزات سنگین را در زمینه‌های مختلف اجتناب ناپذیر نموده است. فلزات سنگین که به روش های مختلف نظیر استخراج، فرآیند ذوب، احتراق مواد سوختی و صنعتی شدن به محیط زیست راه یافته‌اند، از مسیرهای گوناگون مانند نزولات جوی، تخلیه مواد زائد، نشت اتفاقی، تخلیه آب توازن کشتی، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی، خانگی و فرسایش خاک به محیط‌های آبی منتقل می‌شوند (۱).آلودگی یکی از مهم‌ترین مسائل در حفاظت اکوسیستم‌های آبی و حفظ تعادل اکولوژیک آب‌هاست. لازمه بررسی میزان آلودگی در یک منطقه ارزیابی کمی میزان مواد آلاینده و هم‌چنین شناخت منابع احتمالی ورود این گونه ترکیبات می‌باشد. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط باعث بروز مشکلات و عوارض زیست‌محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می‌گردد. هم‌چنین لازم به ذکر می‌باشد که وجود صنایع، عمده‌ترین منابع آلاینده مربوط به فلزات سنگین هستند (۲). فلزات سنگین به عنوان یکی از آلاینده‌های محیطی اثرات مختلفی مانند، کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنیتیکی و مرگ و میر در آبزیان را ایجاد می‌نمایند که سبب زوال زیستی آبزیان می‌گردد. نابودی یا کاهش گونه‌ای خاص سبب تغییر در اکوسیستم آبی گشته و توازن آن‌ها را برهم می‌زند (۳). یکی از چالش‌های اصلی جامعه بشری امنیت غذایی است و جامعه‌ای که بخواهد سالم و خلاق باشد باید مواد غذایی مفید مانند ماهی را در سبد غذایی خود جای دهد. ماهی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین برای انسان است آلودگی آب به‌واسطه 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 تجمع مس و روی در کبد بالا، منگنز در روده و معده، کبالت، کروم، نیکل، استرانسیم در فلس‌ها تجمع می‌یابند درحالی‌که آبشش‌ها و ستون مهره‌ها کم‌ترین مقادیر از عناصر ذکر شده را در خود دارند (۴). ماهی نه تنها یک ماده غذایی لذیذ، زود هضم و خون ساز می‌باشد بلکه هم‌چنین حاوی مواد پروتئینی، مواد معدنی، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب امگا-۳ است که در سلامت جسمی و روانی تاثیر مثبت زیادی دارد. متاسفانه رشد سریع جمعیت و توسعه مراکز مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی سبب شده تا زباله‌ها و فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی سال به سال افزایش یافته و موجب آلودگی محیط زیست انسان و موجودات آبزی گردد (۵). در مورد فلزات سنگین و یا عناصر سنگین در بافت‌های ماهی و آبزیان تحقیقات متعددی در جهان و تعدادی در ایران انجام شده‌است. در داخل کشور تحقیقات و مطالعات زیادی در زمینه فلزات سنگین در اندام‌های مختلف به‌ویژه بافت خوراکی ماهیان اقتصادی دریای خزر انجام گرفته است (۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰). وجود منابع آلاینده مختلف در سواحل جنوبی دریای خزر و به‌طورکلی فعالیت‌های انسانی در ساحل و دریا، احتمال وجود عناصر سنگین در سواحل خزر و جذب و تجمع آن‌ها در قسمت‌های مختلف بدن آبزیان، ازجمله ماهیان وجود دارد. بررسی میزان غلظت آلاینده‌های پایدار به‌دلیل تاثیراتی را که در سلامتی و بهداشت انسان دارا می‌باشد از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد به‌ویژه این‌که فلزات سنگین به‌عنوان آلاینده‌های پایدار و غیرقابل تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها محسوب گشته و قابلیت تجمع بیولوژیکی و بزرگ‌نمائی بیولوژیکی دارند به‌عبارت دیگر پایداری فلزات در محیط مشکلاتی به خصوصی را ایجاد می‌کند، فلزات نمی‌توانند مانند آلوده‌کننده‌های آلی از طریق شیمیایی یا فرآیندهای زیستی در طبیعت تجزیه شوند (۹). برای روشن‌نمودن این مسئله و برای آگاهی از وضعیت سلامت یکی از ماهیان اقتصادی دریای خزر نظیر ماهی کفال طلائی که یکی از پرمصرف‌ترین محصولات دریایی و رژیم غذایی مردم شمال کشور می‌باشد تحقیق حاضر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مطالعاتی: دریای خزر، واقع در نوار شمالی ایران، بزرگ‌ترین توده آبی بسته جهان، به علل مختلفی نظیروسعت، تنوع زیستی، ذخایر غیرزیستی (نفت، گاز، شن و ماسه و نمک) حمل و نقل دریایی، صنایع شیلاتی، صید ماهیان استخوانی و ماهیان خاویاری و استحصال خاویار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این تحقیق در سال ۱۴۰۰ انجام گرفت و جهت بررسی و مطالعه تعداد ۱۲ عدد ماهی کفال طلائی (*Chelon auratus*) در سواحل استان گیلان به‌صورت تصادفی از صید صیادان، به‌روش تور پره با چشمه ۳۰ میلی‌متری تهیه گردید. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و تهیه، صید ماهی در پره‌های تعاونی منطقه در شکل ۱ مشخص گردیده است.

روش آماده‌سازی و هضم شیمیایی نمونه‌ها: نمونه‌های تهیه شده بلافاصله جهت آماده‌سازی به آزمایشگاه شیمی پژوهشکده آبزی پروری بندرانزلی منتقل گردید. در آزمایشگاه پس از شستشوی نمونه‌ها با آب مقطر نسبت به جداکردن بافت مورد سنجش اقدام گردید. نمونه‌های ماهی پس از خشک نمودن به‌روش هضم تر با استفاده از مخلوط اسید (HNO3/HCLO4) به‌وسیله هیتر دایجست (هات پلیت) هضم شیمیایی صورت گرفت. به موازات آماده‌سازی نمونه جهت انجام عملیات هضم شیمیایی، در هر سری از آزمایشات سه نمونه شاهد به طور هم‌زمان همانند نمونه‌های حقیقی مراحل هضم شیمیایی پیگیری شد.



شکل ۱: محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری (پره‌های‌صیادی) نوار ساحلی دریای خزر (محدوده استان گیلان) سال ۱۴۰۰

محلول باقی‌مانده حاصل از هضم هر یک از نمونه‌ها، با کاغذ صافی واتمن (شماره ۴۲) صاف گردید و به بالن‌های حجم‌سنجی ۲۵ میلی‌لیتری منتقل و با اسیدنیتریک ۵ درصد به حجم رسانده شد (۱۱). جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات (Co، Cd ,Pb,Ni، Zn ,Cu) در نمونه‌های محلول حاصل از هضم شیمیایی از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی با طیف نشر نوری (ICP-OES) استفاده گردید. برای اطمینان از روش استخراج فلزات سنگین از نمونه‌های ماهی و کسب مقدار صحیح آن‌ها از روش افزایش استاندارد (Standard Addition) استفاده شد و بدین‌طریق درصد بازیابی فلزات مورد سنجش محاسبه گردید. این روش در کنترل معرف‌ها، وسایل، دستگاه‌ها و روش هضم شیمیایی نمونه‌ها نیز کاربرد دارد. در این روش حجم مشخص از استاندارد با غلظت مشخص به نمونه اضافه شد البته این کار با سه تکرار آزمایش به‌صورت مشابه و در شرایط یکسان تهیه و پس از افزودن استاندارد هر کدام جداگانه با دستگاه تعیین مقدار و درصد بازیابی فلزات محاسبه گردید (۱۲). بدین‌صورت درصد بازیابی (Recovery) روش سنجش عناصر مورد بررسی برای مس، روی، سرب، کادمیم، نیکل و کبالت به‌ترتیب ۹۳٪، ۹۴٪، ۸۹٪، ۹۰٪، ۹۱٪ و ۸۸٪ محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 22 استفاده گردید. برای مقایسه میانگین داده‌ها بین ایستگاه‌های مختلف از آزمون یک‌طرفه استفاده شد. جهت بررسی همبستگی فاکتورها با عوامل زیست‌سنجی (وزن کل، طول کل) از آزمون همبستگی (ضریب رگراسیون) استفاده شد.

شکل ۲: مراحل آماده‌سازی و هضم شیمیایی بافت عضله ماهیان مورد بررسی جهت سنجش عناصر فلزی

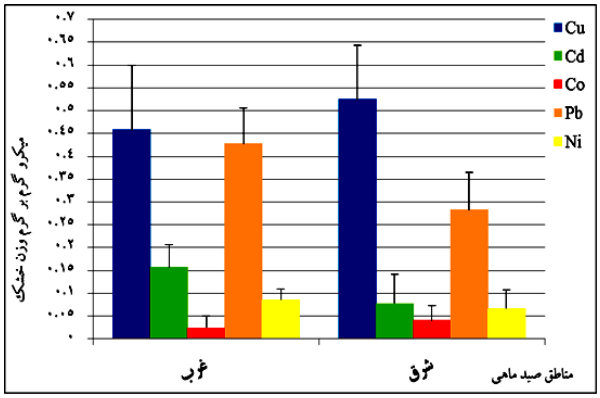
نتایج

در این بررسی مشخصات زیست‌سنجی (بیومتری) شامل طول کل و وزن ماهیان به‌منظور ارتباط با میزان تجمع عناصر مورد بررسی قرار گرفت. حداکثر طول ماهیان منطقه غرب ۴۵ سانتی‌متر و حداکثر طول ماهیان منطقه شرق ۳۹/۵ سانتی‌متر بوده است. حداقل طول ماهیان مورد بررسی در دو منطقه غرب و شرق به ترتیب ۳۲/۵، ۲۰/۵ سانتی‌متر بوده است. حداکثر وزن ماهیان منطقه غرب ۶۲۶ گرم و حداکثر وزن ماهیان منطقه شرق ۴۵۸ گرم بوده است.حد اقل وزن ماهیان مورد بررسی در دو منطقه غرب و شرق به‌ترتیب ۲۶۰، ۷۴ گرم بوده است (جدول۱). بین طول و وزن ماهیان صید شده در دو منطقه مطالعاتی همبستگی بسیار قوی (رابطه خطی مثبت) و قابل توجه‌ای برقرار بوده است (R=۰/۹۶۶۹).

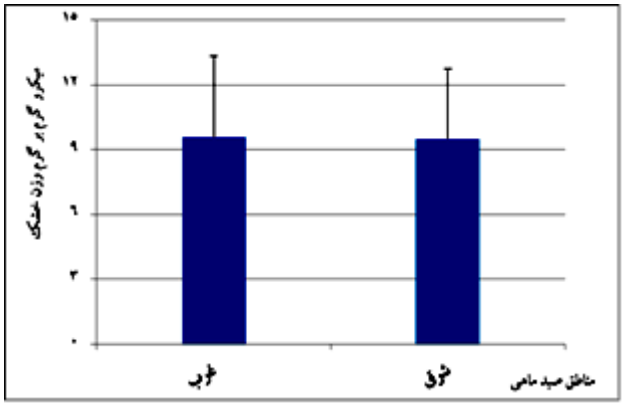
جدول ۱: خلاصه نتایج آماری حاصل از بیومتری ماهی کفال طلائی (Chelon auratus) (n=۱۲)

متغییر	میانگین	انحراف معیار	حد اقل	حداکثر
طول کل (سانتی‌متر)	۳۲/۸۳	۴/۵۹	۳۲/۵	۴۵
وزن (گرم)	۴۱۴/۳۳	۱۳۳/۲۹	۲۶۰	۶۲۶

نتایج حاصل نشان داد که با توجه به موقعیت ایستگاه‌های صید ماهیان مورد آزمایش و هم‌چنین وجود منابع آلاینده در منطقه، میزان تجمع عناصر مورد بررسی در بافت خوراکی ماهی کفال طلائی متفاوت بوده است، به‌طوری که عناصر غیرضروری (سرب، کادمیم) در منطقه غرب استان گیلان نسبت به شرق دارای مقادیری بالاتری بوده است. حداکثر غلظت سرب به میزان ۰/۴۲۸ و حداکثر غلظت کادمیم به میزان ۰/۱۵۸ میکروگرم برگرم وزن خشک ثبت گردیده است. درحالی که میزان تجمع عناصر روی و نیکل در بافت عضلانی ماهیان مورد مطالعه منطقه غرب بالاتر و میزان تجمع فلزات کبالت و مس در بافت عضلانی ماهیان منطقه شرق بالاتر بوده است. حداکثر غلظت عناصر ضروری مس و روی به‌ترتیب ۰/۵۲۳، ۹/۵۸۷ میکروگرم برگرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. ترتیب قرار گرفتن میزان تجمع فلزات سنگین در بافت نمونه‌های اندازه‌گیری شده بر مبنای غلظت آن‌ها در بافت عضله به‌صورت Co <Ni <Cd <Pb <Cu<Zn می‌باشد (شکل‌های ۳ و ۴).

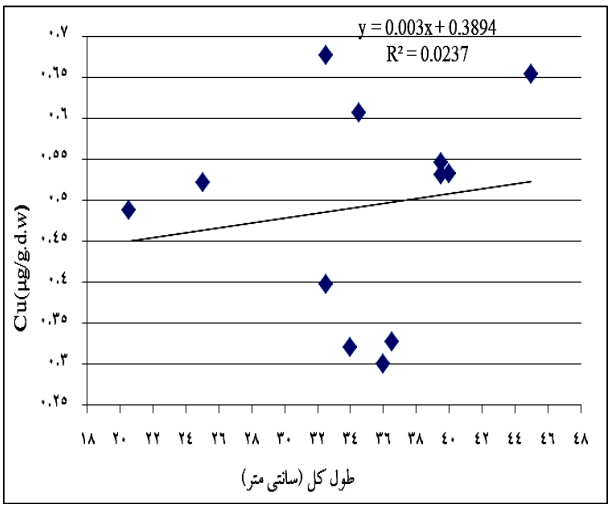


شکل ۳: نمودار تغییرات غلظت عناصر در مناطق صید ماهی کفال طلائی دریای خزر (محدوده استان گیلان) سال ۱۴۰۰

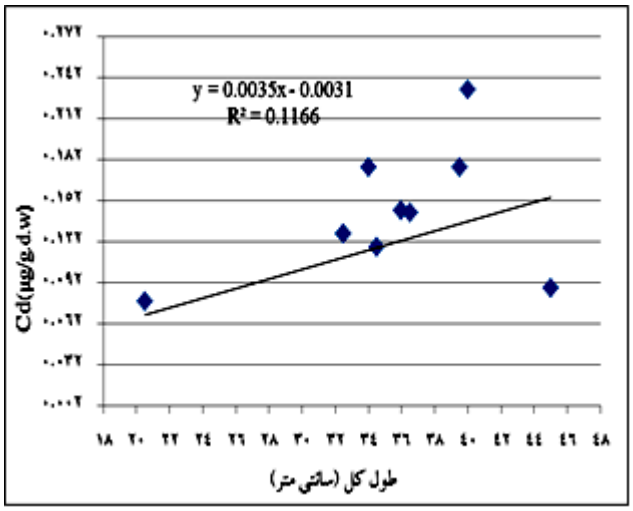


شکل ۴: نمودار تغییرات غلظت روی در مناطق مختلف صید ماهی کفال طلائی دریای خزر (محدوده استان گیلان) سال ۱۴۰۰

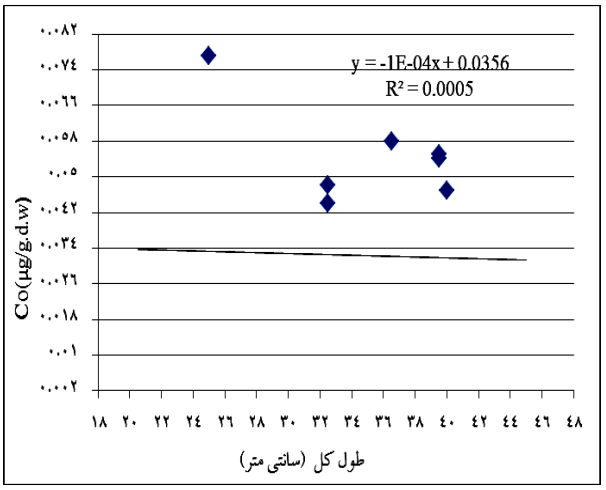
نتایج همبستگی مشخصات بیومتری (طول کل، وزن) ماهیان مورد مطالعه با میزان تجمع عناصر اندازه‌گیری شده در شکل‌های ۵ الی ۱۶ رسم شده است. بین میزان تجمع فلزات سرب و به‌دنبال آن روی با عوامل طول کل و وزن ماهیان مورد آزمایش بالاترین همبستگی (R=۰/۸۲) و بین میزان تجمع کبالت در بافت خوراکی ماهی کفال با عوامل ذکر شده کم‌ترین همبستگی وجود داشته است. بین میزان تجمع عنصر کبالت و به‌دنبال آن میزان تجمع عنصر مس با وزن ماهیان مورد آزمایش کم‌ترین همبستگی (R=۰/۰۶۱) و بین میزان تجمع سرب با وزن ماهیان مورد بررسی بالاترین همبستگی را داشته است (R=۰/۸۱).



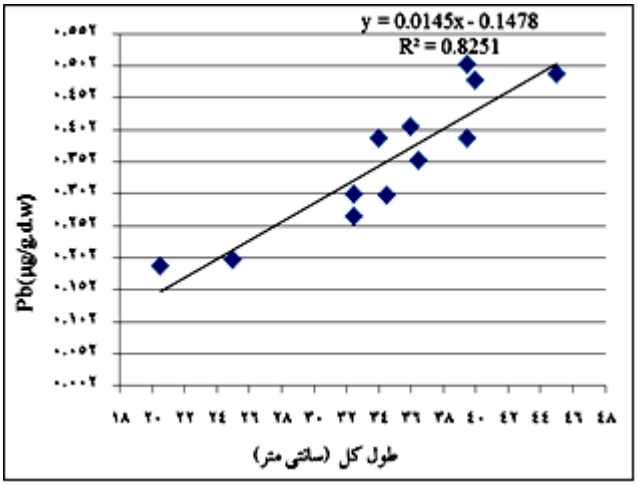
شکل ۵: نمودار ارتباط غلظت مس در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلائی



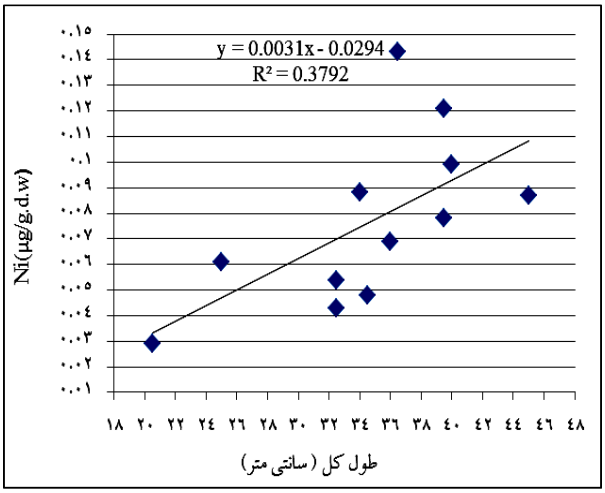
شکل ۶: نمودار ارتباط غلظت کادمیم در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلائی



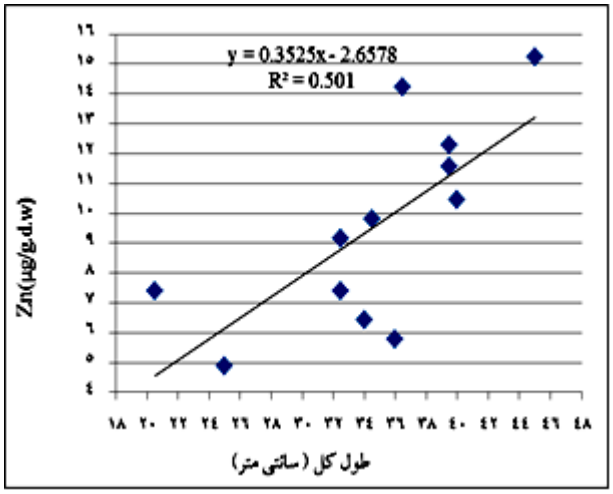
شکل ۷: نمودار ارتباط غلظت کبالت در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلائی



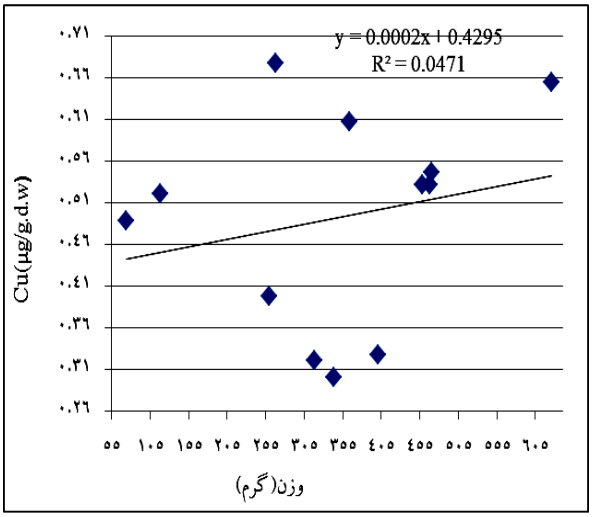
شکل ۸: نمودار ارتباط غلظت سرب در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلائی



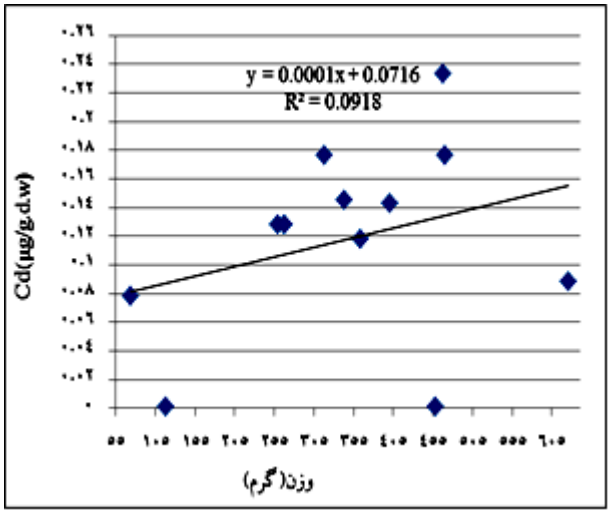
شکل ۹: نمودار ارتباط غلظت روی در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلائی



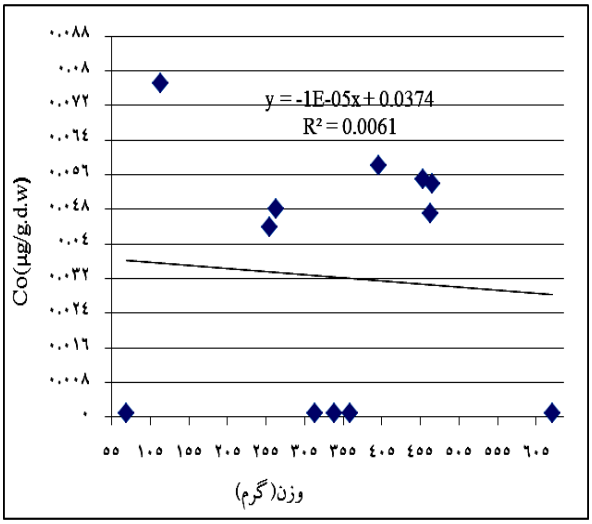
شکل ۱۰: نمودار ارتباط غلظت نیکل در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلائی



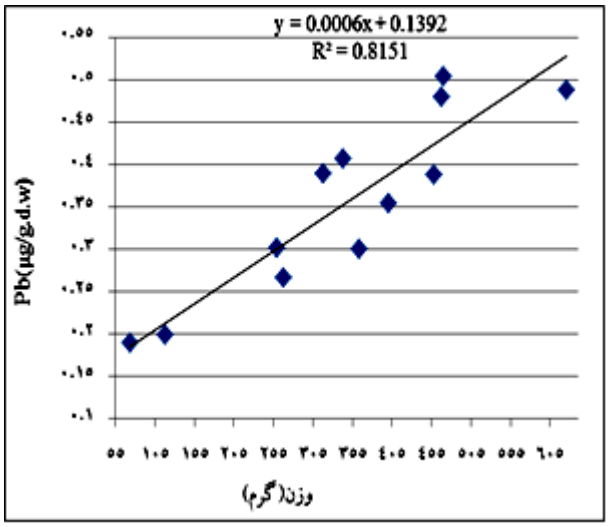
شکل ۱۱: نمودار ارتباط غلظت مس در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلائی



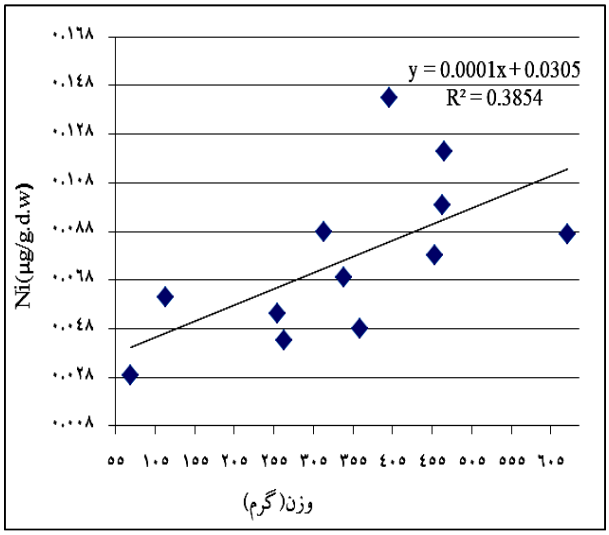
شکل ۱۲: نمودار ارتباط غلظت کادمیم در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلائی



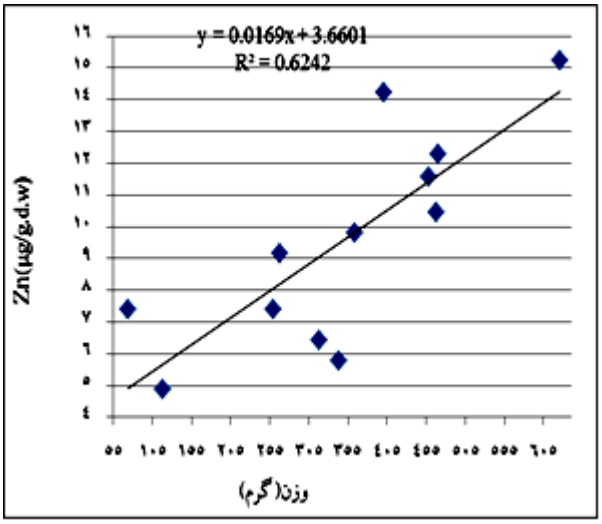
شکل ۱۳: نمودار ارتباط غلظت کبالت در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلائی



شکل ۱۴: نمودار ارتباط غلظت سرب در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلائی



شکل ۱۵: نمودار ارتباط غلظت نیکل در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلائی



شکل ۱۶: نمودار ارتباط غلظت روی در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلائی

بحث

امروزه تحقیقات و پژوهش زیادی در رابطه باتجمع عناصر فلزی دراندام‌های مختلف موجودات دریایی انجام شده است که نشان‌دهنده روند رو به افزایش این عناصر در اثر فعالیت‌های انسانی و ورود آن‌ها به محیط‌های آبی می‌باشد. لذا هر گونه افزایش بیش از غلظت‌های طبیعی این فلزات، به اکوسیستم‌ها و بوم‌سازگان آبی آسیب جدی وارد می‌کند. بهداشت و سلامت بافت عضله ماهیان به‌عنوان اصلی‌ترین عضو و اندام مورد مصرف و تغذیه انسان اهمیت زیادی دارد. به همین دلیل در این مطالعه غلظت شش فلز غیرضروری (سرب، کادمیم)، نیمه‌ضروری (نیکل، کبالت) و ضروری (مس، روی) در بافت خوراکی (عضله) ماهی کفال طلائی (*Chelon auratus*) در محدوده نوار ساحلی استان گیلان موردارزیابی کمی قرار گرفت.فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که برخلاف ترکیبات آلی از طریق فرایندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند. از نتایج مهم پایداری فلزات سنگین، وسعت زیستی زیاد در زنجیره غذایی می‌باشد به‌طوری‌که در نتیجه این فرایند، مقدار آن‌ها در زنجیره غذایی می‌تواند تا چندین برابر مقدار آن‌ها که در آب یا هوا یافت می‌شوند افزایش یابد (۵). ماهی و محصولات دریایی با وجود آن که جزو مواد غذایی حیوانی هستند، ولی از نظر ترکیب چربی با سایر مواد غذایی حیوانی متفاوتند. چربی موجود در مواد غذایی حیوانی به‌طور عمده حاوی ترکیبات به نام اسیدهای چرب اشباع شده هستند که این ترکیبات موجب بالا

بردن کلسترول و سایر چربی‌های نامطلوب خون می‌شوند. ولی ماهی و آبزیان با وجود آن‌که از دسته مواد غذائی حیوانی هستند با این حال نوع چربی موجود در آن‌ها مشابه مواد گیاهی است و از اسیدهای چرب اشباع نشده به‌نام امگا ۳ در آبزیان وجود دارد که اثرات بسیار مهمی در سلامت انسان به عهده دارد و در پیشگیری از بسیار از بیماری‌ها و کنترل و کمک به بهبود اختلالات و عوارض مختلف نقش مهم و سازنده‌ای به‌عهده دارد. با توجه به نقش مهم ماهیان استخوانی دریای خزر در اقتصاد شیلاتی و عدم مطالعات صحیح در ایران و برای آگاهی از وضعیت بهداشتی و سلامتی این گونه ماهیان اقتصادی برای مصرف کنندگان تحقیق حاضر انجام گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میانگین غلظت فلزات مس، کادمیم، کبالت، سرب، نیکل و روی در بافت عضله ماهی کفال صید شده منطقه به ترتیب ۰/۰۴۵±۰/۴۹۱، ۰/۰۵۶±۰/۱۱۸، ۰/۰۱۱±۰/۰۳۲، ۰/۱۰۱±۰/۳۵۵، ۰/۰۱۳±۰/۰۷۶ و ۰/۰۵۷±۹/۵۴۶ میکروگرم‌برگرم وزن خشک بوده است. نتایج حاصل نشان داد که بین میزان تجمع فلزات مورد مطاله در بافت عضله ماهی کفال طلائی در دو منطقه غرب و شرق نوار ساحلی استان گیلان اختلاف چندانی مشاهده نشد. تحقیقات متعددی توسط محققین مختلف در حوزه دریای خزر درخصوص فلزات سنگین در ماهی کفال طلائی صورت گرفته که نتایج حاصل از این تحقیقات انجام گرفته درمورد وضعیت سلامت بافت خوراکی این گونه اقتصادی و پرمصرف در منطقه در جدول ۲ مورد مقایسه قرار گرفته است. همان طوری که در جدول ۲ ذکر شده است، طبق گزارش میزان سنجش فلزات سنگین در اندام عضله ماهی کفال طلائی در دو منطقه کیاشهر و تالش سواحل جنوبی دریای خزر در منطقه سواحل گیلان میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس در بافت عضله این ماهی به ترتیب ۱/۴۴۱، ۰/۱۰۹، ۳۱/۰۸ و ۲/۵۲۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک ثبت شده است (۱۳) که به‌جز غلظت کادمیم که در محدوده تحقیق حاضر می‌باشد. سایر مقادیر به دست آمده بالاتر از تحقیق کنونی می‌باشد. شایان ذکر است که فلزات روی و مس در نمونه‌های مورد بررسی نسبت به سایر فلزات دارای مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند که این فلزات از گروه عناصر ضروری محسوب می‌شوند. فلزات روی و مس بر اساس مقادیرشان در فرآیندهای زیستی ایفای نقش می‌کنند (محرک یا بازدارنده). این فلزات ازجمله عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند و به صورت هوموستاتیک تنظیم می‌شوند. فلزات روی و مس می‌توانند در یک بافت ذخیره شده و سپس به بافت‌های دیگر انتقال یابند، یا این‌که مجدداً اندام‌های بدن به گردش در آیند تا در چرخه‌های حیاتی متعدد وارد واکنش شوند. غلظت‌های این دو فلز در یک بافت می‌تواند نشانگر نیازهای فزآینده در یک عضو باشد (۱۴). براساس تحقیقات و مطالعه انجام گرفته در مورد غلظت فلزات در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر برای مس ۰/۹۹۶، سرب ۲/۳۳۷ و روی ۱۴/۳۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (۶) که این مقادیر از نتایج تحقیق کنونی بالاتر می‌باشد (جدول۲). براساس مطالعات صورت گرفته میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی، مس، آهن وکبالت در بافت‌های عضلانی ماهی کفال طلائی در حوزه جنوبی دریای خزر به‌ترتیب برای فلزات سرب ۲/۳۱ و کادمیم ۰/۳۲ و روی ۱۴/۳۳ و مس ۱/۰۰ و کبالت ۳/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک ثبت شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تجمع غلظت فلزات روی و مس در عضله ماهیان ذکر شده در حد قابل قبول بوده و در مقایسه با ماهیان استروژن کشورهای مشترک المنافع ساحلی دریای خزر (آذربایجان، قزاقستان) میزان غالب فلزات چندبرابر کم‌تر مشاهده شده است (۱۵) که نتایج به‌دست آمده این تحقیق نیز از نتایج حاصل از تحقیق کنونی بالاتر می‌باشد (جدول ۲). بررسی های انجام شده توسط Jaffar بر روی بافت عضلانی ۱۷ گونه ماهی از جمله کفال در سواحل پنجاب هند با میانگین دامنه ۴۵/۱۶ تا ۰/۷۶۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک از مقدار اندازه‌گیری شده برای عنصر سرب در تحقیق حاضر چندین برابر بیش‌تر می‌باشد (۴).

جدول۲: مقایسه غلظت فلزات سنگین دربافت عضله ماهی کفال طلائی با دیگر مطالعات انجام گرفته (میکروگرم برگرم وزن خشک)

گونه ماهی	منطقه مطالعاتی	Ni	Zn	Co	Cd	Pb	Cu	منبع
ماهی کفال طلائی	دریای خزر	-	۱۴/۳۲	-	۰/۳۲	۲/۳۳	۰/۹۹	(۶)
ماهی کفال طلائی	دریای خزر	-	۳۰/۲	-	-	-	۹/۱۴	(۸)
ماهی کپور	دریای خزر	-	۵۰/۳۳	-	۰/۳۱	۰/۶۷	۳/۶	(۱۶)
ماهی کفال طلائی	دریای خزر	-	۳۱/۰۸	-	۰/۱۰۹	۱/۴۴۱	۲/۵۲۴	(۱۳)
ماهی کفال طلائی	دریای خزر	-	۱۴/۳۳	۳/۰۷	۰/۳۲	۲/۳۱	۱	(۱۵)
ماهی کفال	دریای مدیترانه	-	۱۲/۴	-	۰/۶۶	۵/۳۲	۴/۴	(۱۷)
ماهی کفال	دریای سیاه	-	-	-	۰/۴	۱/۱۲	۱/۱۱	(۱)
ماهی کفال طلایی	دریای خزر	۰/۰۷۶	۹/۵۴۶	۰/۰۳۲	۰/۱۱۸	۰/۳۵۵	۰/۴۹۱	مطالعه حاضر

جهت مقایسه غلظت فلزات با استانداردهای بین‌المللی لازم هست غلظت اندازه‌گیری شده برحسب وزن تر محاسبه گردد. طبق مطالعات سازمان FAO حدود ۸۰ درصد از وزن ماهیان را رطوبت تشکیل می‌دهد. برای به‌دست آوردن فاکتور تصحیح تبدیل وزن خشک به وزن تر می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود: CF=1-(R/100) =۰/۲ در این رابطه CF برابر ۰/۲ محاسبه شد که با ضرب نمودن فاکتور تصحیح در مقادیر فلزات مورد مطالعه در بافت عضله ماهیان برحسب وزن تر به‌دست می‌آید (۱۸). در این رابطه R درصد رطوبت بوده و پس از محاسبات مربوطه میزان غلظت برحسب وزن تر با استانداردهای بین‌المللی مقایسه گردید (جدول۳). مقایسه نتایج تحقیق حاضر با استانداردهای بین‌المللی نشان داد که میزان تجمع فلز کبالت در بافت عضله ماهیان مورد مطالعه نسبت با استانداردهای WHO (۰/۲۶) و NHMRC (۰/۲۵) و MAFF (۰/۲۵ میگروگرم برگرم‌وزن‌تر) کم‌تر بوده است (۱۹). براساس منابع و موسسات بین‌المللی میزان غلظت فلزات مس، سرب و روی در بافت عضلانی ماهی به‌ترتیب سازمان بهداشت جهانی (WHO) ۱۰، ۰/۴ و ۱۰۰ میکروگرم برگرم وزن تر و استاندارد MAFF به‌ترتیب ۲۰ ، ۵ و۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و استاندارد NHMRC به‌ترتیب ۱۰، ۱/۵ و ۱۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و استاندارد FAO/WHO(۲۰)به‌ترتیب ۳۰، ۰/۵ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و هم‌چنین استانداردهای توصیه شده سازمان غذا و کشاورزی جهانی FAO (۲۱، ۲۲) به‌ترتیب ۳۰، ۲ و ۵۰ میکروگرم بر گرم‌وزن تر توصیه شده که نتایج تحقیق حاضر کم‌تر از استانداردهای توصیه شده می‌باشد (۱۹، ۲۳، ۲۴). نتایج حاکی از این است که میزان تجمع مس در بافت عضلانی ماهی‌کفال در محدوده استاندارد USEPA (۰/۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) بوده است. میزان غلظت روی در بافت‌مورد مطالعه از استاندارد USEPA (۰/۰۷ میکروگرم بر گرم وزن تر) بالاتر بوده هم‌چنین غلظت سرب در نمونه‌های آنالیز شده (بافت خوراکی) از استاندارد USEPA (۰/۰۰۵) بالاتر بوده است (۲۵، ۲۶) که این می‌تواند زنگ خطر و هشدار برای مصرف‌کنندگان منطقه باشد. به‌طو کلی، بیش‌تر فلزات سنگین در سطح بسیار کمی برای بدن سمی هستند، مکانیسم اصلی سمیت فلزات سنگین شامل تولید رادیکال‌های آزاد برای ایجاد استرس اکسیداتیو، آسیب به مولکول‌های بیولوژیکی مانند آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و آسیب به DNA است که کلید اکثر بیماری ها به ویژه سرطان و مسمومیت عصبی را به‌دنبال خواهد داشت (۲۷).

جدول۳: مقایسه حد مجاز استانداردهای جهانی فلزات سنگین (میکروگرم برگرم وزن تر) با تحقیق حاضر

استاندارد/فلز	مطالعه (حاضر)	WHO[a]	MAFF[b]	USEPA[c]	NHMRC[d]	FAO/WHO[f]	USDA[e]	FAO[h]
Ni	۰/۰۱۹	۰/۳۸	–	–	–	۰/۴	–	–
Co	۰/۰۰۸	۰/۲۶	۰/۲۵	–	۰/۲۵	–	–	–
Cu	۰/۱۲۲	۱۰	۲۰	۰/۱	۱۰	۰/۰۵	–	۳۰
Pb	۰/۰۸۸	۰/۴	۲	۰/۰۰۵	۱/۵	۰/۵	۰/۵	۲
Cd	۰/۰۲۹	۰/۲	۰/۲	–	۰/۰۵	۰/۲	–	۰/۳
Zn	۲/۳۸۶	۱۰۰۰	۵۰	۰/۰۷	۱۵۰	۱۰۰۰	–	۵۰

[a]world Health Organization (19); (28); [b]ministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK); FF (29); [c]united States Environmental Protection Agency (25); [d]australian National Health and Medical Research Council (19), [e]united States Department of Agriculture (30), [f] (24)(31), [h] (32)

با توجه به این‌که هدف دیگر این پژوهش بررسی روابط بین غلظت‌های عناصر فلزی در بافت عضله ماهی کفال طلائی با عوامل بیومتری (طول کل، وزن) می‌باشد، لذا با استفاده از ضریب رگرسیون این نتیجه‌گیری حاصل شد که رابطه مثبت بین میزان تجمع فلزات سرب، روی، مس، کادمیم و نیکل با عوامل مذکور برقرار بوده، یعنی با افزایش طول و وزن ماهیان میزان تجمع این عناصر هم افزایش می‌یابد. بررسی آنالیز همبستگی میزان انباشتگی عناصر با عوامل بیومتری بیانگر این مطلب است که باید مطالعات و بررسی‌های بیش‌تری با روش‌های جامع‌تر درخصوص نحوه جذب (مطالعه نحوه پیوند فلز با چربی و پروتئین بافت) یا عدم جذب فلزات در بافت عضله ماهی کفال انجام گردد. به‌عنوان مثال روند افزایشی میزان تجمع عناصر سرب، روی و نیکل با رفتار شیمیایی تقریباً مشابه در بافت عضله ماهی مورد بررسی به سبب افزایش عوامل طول و وزن ممکن است به‌دلیل وجود ترکیبات محلول این عناصر در آب که می‌توانندبا چربی و پروتئین‌ها ایجاد کمپلکس نمایند، باشد. هم‌چنین روند کاهشی جذب تنها عنصر مورد مطالعه در این تحقیق، کبالت نیز با عوامل ذکر شده بیومتری (وجود رابطه خطی منفی با عوامل ذکر شده) می‌تواند سبب سنگین بودن این عنصر و تمایل به ته نشین شدن درسطح یا داخل رسوبات کف (به دلیل داشتن خاصیت آمفوتری برخی از عناصر با افزایش pH محیط رسوب می‌کند) و یا تبدیل شدن به ترکیبات دیگر فرم غیرفعال باشد (۶). منطقه مطالعاتی غرب استان گیلان تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی در سواحل کشورهای همسایه آذربایجان قرار دارد،

بنابراین می‌توان غلظت بالای فلزات سنگین در این منطقه را تا حدودی به ورود آلاینده‌ها از کشورهای همسایه نسبت داد (۳۳). هم‌چنین ورود مستقیم و غیرمستقیم، فاضلاب‌های شهری، پساب‌های کشاورزی و صنعتی به دریای خزر، آلودگی‌های ناشی از حمل‌و نقل دریایی و فعالیت‌های بندری (تجاری و صنعتی) در میزان آلودگی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه نقش به‌سزایی دارند. ارائه نتایج مطالعات پژوهشی به سازمان‌های ذیربط علاوه بر کمک به حفظ و ارتقاء سطح بهداشت و سلامت و توسعه پایدار جامعه باعث پیشگیری بروز بسیاری از بیماری‌های خطرناک خواهد بود، لذا به‌دلیل اهمیت موضوع، مطالعات و پایش مستمر در مورد آلاینده‌های مختلف با منشا آلی و فلزی در آب، رسوبات و آبزیان تالاب بین‌المللی انزلی، حوزه‌های آبریز و دریای خزر پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. **Filazi, A., Baskay, A.R. and Kum, C., 2003.** Metal concentration in tissues of the Black Sea fish Mugil auratus from Sinop-Icliman, Turkey. 22: 85-87.
2. **Babaei, H., Saberi, H., Pourang, N., Khodaparast, S.H. and Mohsenpour, H., 2021**.Assessment of heavy metals and PAHs concentration of water in Neour Lake (Ardbil Province). Journal of Animal Environment. 13(3): 363-372. (In Persian)
3. **Mance, G., 1990.** pollution threat of heavy metals in aquatic environments. 2th ed. Elsevir, London. 22-67.
4. **Jaffar, M., Ashraf, M. and Rasoal, A., 1998.** Heavy metals contents in som selected local freshwater fish and relevant waters. Pak. J. Sci. Ind. Res. 31: 189-193.
5. **Babaei, H., Faed, M., Khatib, S., Khodaparast, S.H., 2012.** Evaluation of the concentration of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr) and the degree of bacterial contamination in the muscle tissue of Amur fish in rice and fish farms in Gilan province. Journal of modern veterinary research. 4(14): 53-60. (In Persian)
6. **Aminiranjbar, Gh. and Sotoudehnia, F., 2002.** Investigation of heavy metals acumulation of Mugil auratus in relation to standard length, Weight, age and sex. Iranian Sci. 14(3): 1-18. (In Persian)
7. **Fazeli, M.S., Abtahi, B. and Sabbaghkashani, A., 2005.** Assessing Pb,Ni and Zn accumulation in the tissues of *liza aurata* in the south caspian sea. Iranian Scientific Fisheries Journal. 14(1): 65-78. (In Persian)
8. **Elsagh, A., 2009.** Determination of Zinc, Copper, Cobalt and manganese intensity in Rutilus frisii kutum and Cyprinus carpio fishes of Caspian Sea. Tehran Uni. Med.Sci. 3: 1-12. (In Persian)
9. **Babaei, H., Khodaparast, S.H., Valipour, A. and Saberi, H., 2015.** Survey and determination of heavy metals and some pesticides level at Yamchi Dam outlet Ardabil Province for Aquaculture Development. Journal of new technologies in aquaculture development, Azad Shahr Azad University. 9(14): 39-50. (In Persian)
10. **Babaei, H., Khodaparast, S.H. and Abdini, A., 2006**. Contamination of sediment with haevy metals Cd, Cu, Fe, Pb in the east Of Anzali Lagoon, Scientific Journal of Fisheries. 16(1): 9-16. (In Persian)
11. **Baldwin, D.R. and Marshall, W.J., 1999.** Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. Ann Clin Biochem. 36: 267-300.
12. **Khodabandeh, S., Talaei, R. and Ghayyumi, R., 2001.** Determination of heavy metals in sidement and fish of Caspian Sea. Iran. J. Fish Sci. 39: 38-42. (In Persian)
13. **Lagzaei, F., Babaei, H., Khodaparast, S.H., 2010.** Measurement of heavy metals (lead, cadmium, zinc and copper) in the liver and muscle tissue of golden mullet in two regions of the southern basin of the Caspian Sea (Kiashahr and Talesh). Aquaculture development scientific-research journal. 9(3): 50-58. (In Persian)
14. **Wirth, M., Kirschbaum, F., Gessner, Y., Kruger, A. and Billard, R., 1998.** Discrimination of caviar from different sturgeon species. Germany. 7-233.
15. **Vardi, S., 2003.** Summary of articles of the Caspian Sea International Conference, Babolsar, Mazandaran University, Faculty of Humanities and Social Sciences. 235-235. (In Persian)
16. **Vafaei, M., 2000.** Investigating the determination of heavy elements in two species of white fish and carp in the southern shores of the Caspian Sea. M.Sc. Islamic Azad University, North Tehran branch. 98 p. (In Persian)
17. **Canli, M. and Atli, G., 2003.** The relationships between heavy metalr levels and the size of six Mediterranean fish species. Environmental Pollution. 121: 129-136.
18. **UNEP. 1984.** Sampling of selected marine organics and sample preparation for trace metal analysis reference metal for marine Pollutin Studies. 7(2).
19. **Pourang N., Tanabe, S., Rezvani, S. and Dennis, H., 2004.** Trace elements accumulation in edible tissues of five Sturgeon species from the Caspian Sea. Environmental monitoring and assessment. 100: 89-108.
20. **FAO/WHO. 2011.** Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert committee on food additives (JECFA). 2011.http://apps.who.int/ipsc/database/evaluations/search.aspx.
21. **FAO. 2016.** The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 p.
22. **FAO. 2010.** The state of world fisheries and aquaculture 2010. Rome, FAO. 197 p.
23. **Wu, X.Y. and Yang, Y.F., 2011.** Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Zn) concentrations in harvest-size white shrimp *Litopenaeus vannamei* tissues from aquaculture and wild source. Journal of Food Composition and Analysis. 24(1): 62-65. doi: 10.1016/j.jfca.2010.03.030.
24. **FAO/WHO. 2016**.Accumulation of heavy metals in fishes of freshwater. Available from:https://www.slideshare.net. Accessed on 3 August 2021.
25. **Mishra, S., Bhalke, S., Saradhi, I.V., Suseela, B., Tripathi, R.M., Pandit, G.G. and Puranik, V.D., 2007.** Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai. Chemosphere. 69: 972-978.
26. **USEPA. 2009.** Risk-based concentration table environmental protection agency. Philadelphia PA,Washington, DC.
27. **Babaei, H., 2022.** Investigation of non-biological parameters and pollutants (heavy metals, cyclic petroleum hydrocarbons and agricultural toxins) In the southern region of the Caspian Sea - the province of Gilan, Final report of the research project, National Fisheries Science

Research Institute, Inland Water Aquaculture Research Institute,Anzali. 164 p. (In Persian)

28. **Kojadinovic, J., Poiter Corre, M., Cosson, R.P. and Bustamante, P., 2006.** Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science of the Total Environment. 366(2-3): 688-700.

29. **UK(MAFF). 2000.** Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea. In:Aquatic Environment Monitoring Report No.52.Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, Lowestoft, UK.

30. **China U.S.D.A. 2006.** Peoples Republic of FAIRS Product Specific Maximum Levels of Contaminants in Foods.

31. **WHO/FAO. 2007.** Joint FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission 13th Session Report of the Thirty Eight Session of the Codex Committee on Food Hygiene. Houston, United States of America, Alinorm 07/30/13.

32. **Burger, J. and Gochfeld, M., 2005.** Heavy metals in commercial fish inNew Jersey. Environment Research. 99: 403-412.

33. **Nasrollahzadeh Saravi, H., 20015.** Hydrology, hydrobiology and environmental pollutants in the southern region of the Caspian Sea. Research Institute of Fisheries Sciences of the country, Caspian Sea Ecology Research Institute, Sari. 164 p. (In Persian)