



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
Caspian 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 ($\pm$ 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): 10.22034/AEJ.2023.424403.3058

مقاله پژوهشی

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

هادی بابائی^{*}، سیامک باقری، فرشاد ماهی صفت، حجت محسن پور

پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

کلمات کلیدی

ماهی کفال طلائی
عضله
عناصر فلزی
دریای خزر
استان گیلان

چکیده

مقدمه: نظر به این که ماهی کفال طلائی (*Chelon auratus*) یکی از پرمصرف ترین ماهیان منطقه بوده و از لحاظ ارزش غذایی و اقتصادی اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. این پژوهش در سال ۱۴۰۰ به منظور تعیین میزان برخی از عناصر ضروری (مس، روی) و نیمه ضروری (نیکل، کبالت) و غیر ضروری (سرب، کادمیم) در بافت عضله این ماهی و همچنین ارتباط بین میزان انباشتگی این عناصر با طول کل و وزن صورت گرفت.

مواد و روش ها: در این مطالعه تعداد ۱۲ عدد ماهی در دو منطقه غرب و شرق استان گیلان تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه تعیین زیست سنجی (طول کل، وزن) و پس از تفکیک اندام عضله به روش هضم تر با مخلوط اسید (اسیدنیتریک/اسیدپرکلریک) هضم شیمیایی نمونه ها 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 طول کل و وزن ماهیان و وجود همبستگی خطی منفی بین میزان انباشتگی فلز کبالت با عوامل فوق الذکر بود. نتایج حاصل از آنالیز نمونه های ماهی صید شده در مناطق مختلف دریای خزر در محدوده استان گیلان نشان داد که میانگین ($\pm$ انحراف معیار) برای فلزات مس، کبالت، سرب، نیکل و روی به ترتیب 0.45 ± 0.04 ، 0.056 ± 0.011 ، 0.032 ± 0.011 ، 0.011 ± 0.003 و 0.355 ± 0.010 ، 0.076 ± 0.013 و 0.057 ± 0.009 میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده است.

بحث و نتیجه گیری: غلظت کلیه عناصر اندازه گیری شده در بافت عضلانی کفال طلائی نسبت به استانداردهای اعلام شده توسط سازمان های نظیر: WHO، UK(MAFF)، FAO/WHO، USEPA، USDA، FAO و NHMRC کم تر می باشد. هرچند مصرف این گونه ماهی هیچ گونه تهدیدی بر سلامت و بهداشت عمومی را به دنبال ندارد. اما با توجه به اهمیت کیفیت ماهی مصرفی برای ساکنین مناطق شمالی ایران، جهت کنترل میزان آلاینده ها در آبزیان و جوامع مصرف کننده، باید آلاینده های مختلف منطقه، به خصوص فلزات سنگین به طور مستمر ارزیابی و پایش گردد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: babaeiha@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۲ شهریور ۱۴۰۳؛ تاریخ داوری: ۱ مهر ۱۴۰۳؛ تاریخ اصلاح: ۱ آذر ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۲ دی ۱۴۰۳

(DOI): 10.22034/AEJ.2023.424403.3058

مقدمه

تحولات ایجاد شده در بخش های صنعتی و کشاورزی و ارتقاء سطح زندگی بشر در دهه های اخیر، کاربرد فلزات سنگین را در زمینه های 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 یافته اند، از مسیرهای گوناگون مانند نزولات جوی، تخلیه مواد زائد، نشت اتفاقی، تخلیه آب توازن کشتی، تخلیه فاضلاب های صنعتی، کشاورزی، خانگی و فرسایش خاک به محیط های آبی منتقل می شوند (۱). آلودگی یکی از مهم ترین مسائل در حفاظت اکوسیستم های آبی و حفظ تعادل اکولوژیک آب هاست. لازمه بررسی میزان آلودگی در یک منطقه ارزیابی کمی میزان مواد آلاینده و هم چنین شناخت منابع احتمالی ورود این گونه ترکیبات می باشد. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط باعث بروز مشکلات و عوارض زیست محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می گردد. هم چنین لازم به ذکر می باشد که وجود صنایع، عمده ترین منابع آلاینده مربوط به فلزات سنگین هستند (۲). فلزات سنگین به عنوان یکی از آلاینده های محیطی اثرات مختلفی مانند، کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میر در آبزیان را ایجاد می نمایند که سبب زوال زیستی آبزیان می گردد. نابودی یا کاهش گونه ای خاص سبب تغییر در اکوسیستم آبی گشته و توازن آن ها را برهم می زند (۳). یکی از چالش های اصلی جامعه بشری امنیت غذایی است و جامعه ای که بخواد سالم و خلاق باشد باید مواد غذایی مفید مانند ماهی را در سبد غذایی خود جای دهد. ماهی یکی از مهم ترین منابع تأمین پروتئین برای انسان است آلودگی آب به واسطه فلزات سنگین موجود در آن ماهی ها را تحت تأثیر خود قرار می دهد. این آلودگی ها از منابع مختلفی ناشی می شوند مطالعاتی که روی اندام های مختلف ماهی انجام گرفته نشان داده است که تجمع و نوع فلزات در اندام های مختلف متفاوت می باشد تجمع مس و روی در کبد بالا، منگنز در روده و معده، کبالت، کروم، نیکل، استرانسیم در فلس ها تجمع می یابند در حالی که آبشش ها و ستون مهره ها کم ترین مقادیر از عناصر ذکر شده را در خود دارند (۴). ماهی نه تنها یک ماده غذایی لذیذ، زود هضم و خون ساز می باشد بلکه هم چنین حاوی مواد پروتئینی، مواد معدنی، ویتامین ها و اسیدهای چرب امگا-۳ است که در سلامت جسمی و روانی تأثیر مثبت زیادی دارد. متأسفانه رشد سریع جمعیت و توسعه مراکز مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی سبب شده تا زباله ها و فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی سال به سال افزایش یافته و موجب آلودگی محیط زیست انسان و موجودات آبی گردد (۵). در مورد فلزات سنگین و یا عناصر سنگین در بافت های

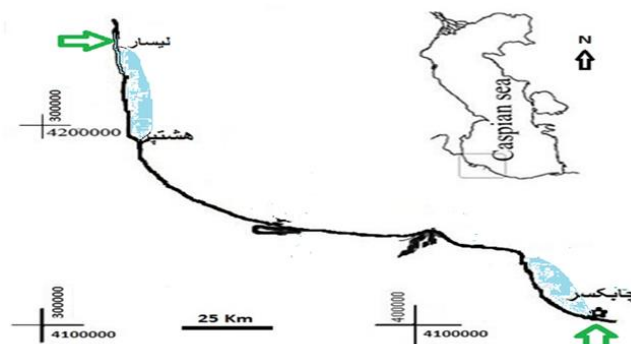
ماهی و آبزیان تحقیقات متعددی در جهان و تعدادی در ایران انجام شده است. در داخل کشور تحقیقات و مطالعات زیادی در زمینه فلزات سنگین در اندام های مختلف به ویژه بافت خوراکی ماهیان اقتصادی دریای خزر انجام گرفته است (۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰). وجود منابع آلاینده مختلف در سواحل جنوبی دریای خزر و به طور کلی فعالیت های انسانی در ساحل و دریا، احتمال وجود عناصر سنگین در سواحل خزر و جذب و تجمع آن ها در قسمت های مختلف بدن آبزیان، از جمله ماهیان وجود دارد. بررسی میزان غلظت آلاینده های پایدار به دلیل تأثیراتی را که در سلامتی و بهداشت انسان دارا می باشد از اهمیت زیادی برخوردار می باشد به ویژه این که فلزات سنگین به عنوان آلاینده های پایدار و غیرقابل تجزیه توسط میکروارگانیسم ها محسوب گشته و قابلیت تجمع بیولوژیکی و بزرگ نمائی بیولوژیکی دارند به عبارت دیگر پایداری فلزات در محیط مشکلاتی به خصوصی را ایجاد می کند، فلزات نمی توانند مانند آلوده کننده های آلی از طریق شیمیایی یا فرآیندهای زیستی در طبیعت تجزیه شوند (۹). برای روشن نمودن این مسئله و برای آگاهی از وضعیت سلامت یکی از ماهیان اقتصادی دریای خزر نظیر ماهی کفال طلائی که یکی از پرمصرف ترین محصولات دریایی و رژیم غذایی مردم شمال کشور می باشد تحقیق حاضر انجام گرفت.

مواد و روش ها

موقعیت منطقه مطالعاتی: دریای خزر، واقع در نوار شمالی ایران، بزرگ ترین توده آبی بسته جهان، به علل مختلفی نظیر وسعت، 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 ویژه ای برخوردار می باشد. این تحقیق در سال ۱۴۰۰ انجام گرفت و جهت بررسی و مطالعه تعداد ۱۲ عدد ماهی کفال طلائی (*Chelon auratus*) در سواحل استان گیلان به صورت تصادفی از صید صیادان، به روش تور پره با چشمه ۳۰ میلی متری تهیه گردید. موقعیت ایستگاه های نمونه برداری و تهیه، صید ماهی در پره های تعاونی منطقه در شکل ۱ مشخص گردیده است.

روش آماده سازی و هضم شیمیایی نمونه ها: نمونه های تهیه شده بلافاصله جهت آماده سازی به آزمایشگاه شیمی پژوهشکده آبی پروری بندرانزلی منتقل گردید. در آزمایشگاه پس از شستشوی نمونه ها با آب مقطر نسبت به جدا کردن بافت مورد سنجش اقدام گردید. نمونه های ماهی پس از خشک نمودن به روش هضم تر با استفاده از مخلوط اسید ($\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$) به وسیله هیتر دایجست (هات پلیت) هضم شیمیایی صورت گرفت. به موازات آماده سازی نمونه جهت انجام عملیات هضم شیمیایی، در هر سری از آزمایشات سه نمونه شاهد به طور هم زمان همانند نمونه های حقیقی مراحل هضم شیمیایی پیگیری شد.

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 بدین طریق 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 به صورت 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). بدین صورت درصد بازیابی (Recovery) روش سنجش عناصر مورد بررسی برای مس، روی، سرب، کادمیم، نیکل و کبالت به ترتیب ۹۳٪، ۹۴٪، ۸۹٪، ۹۰٪، ۹۱٪ و ۸۸٪ محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها از نرم افزار SPSS 22 استفاده گردید. برای مقایسه میانگین داده‌ها بین ایستگاه‌های مختلف از آزمون یک طرفه استفاده شد. جهت بررسی همبستگی فاکتورها با عوامل زیست‌سنجی (وزن کل، طول کل) از آزمون همبستگی (ضریب رگرسیون) استفاده شد.



شکل ۱: محل ایستگاه‌های نمونه برداری (پره‌های صیادی) نوار ساحلی دریای خزر (محدوده استان گیلان) سال ۱۴۰۰

محلول باقی مانده حاصل از هضم هریک از نمونه‌ها، با کاغذ صافی واتمن (شماره ۴۲) صاف گردید و به بالن‌های حجم سنجی ۲۵ میلی لیتری منتقل و با اسیدنیتریک ۵ درصد به حجم رسانده شد (۱۱). جهت اندازه گیری غلظت فلزات (Co, Cd, Pb, Ni, Zn, Cu) در نمونه‌های محلول حاصل از هضم شیمیایی از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی



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

وزن ماهیان مورد بررسی در دو منطقه غرب و شرق به ترتیب ۲۶۰، ۷۴ گرم بوده است (جدول ۱). بین طول و وزن ماهیان صید شده در دو منطقه مطالعاتی همبستگی بسیار قوی (رابطه خطی مثبت) و قابل توجهی برقرار بوده است ($R=0.9669$).

جدول ۱: خلاصه نتایج آماری حاصل از بیومتری ماهی کفال طلائی

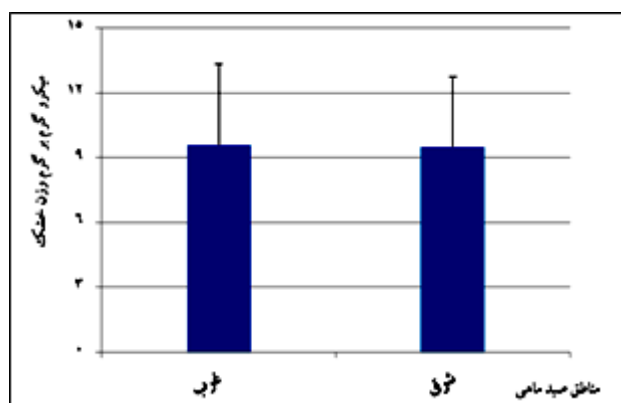
(*Chelon auratus*) (n=12)

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

نتایج

در این بررسی مشخصات زیست‌سنجی (بیومتری) شامل طول کل و وزن ماهیان به منظور ارتباط با میزان تجمع عناصر مورد بررسی قرار گرفت. حداکثر طول ماهیان منطقه غرب ۴۵ سانتی متر و حداکثر طول ماهیان منطقه شرق ۳۹/۵ سانتی متر بوده است. حداقل طول ماهیان مورد بررسی در دو منطقه غرب و شرق به ترتیب ۳۲/۵، ۲۰/۵ سانتی متر بوده است. حداکثر وزن ماهیان منطقه غرب ۶۲۶ گرم و حداکثر وزن ماهیان منطقه شرق ۴۵۸ گرم بوده است. حد اقل

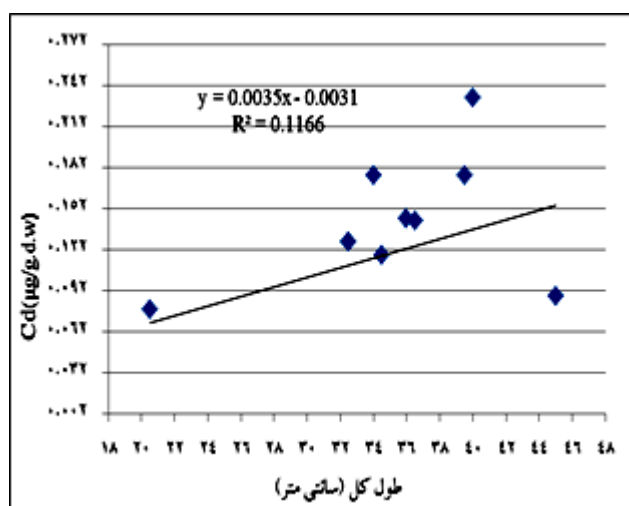
که میزان تجمع عناصر روی و نیکل در بافت عضلانی ماهیان مورد مطالعه منطقه غرب بالاتر و میزان تجمع فلزات کبالت و مس در بافت عضلانی ماهیان منطقه شرق بالاتر بوده است. حداکثر غلظت عناصر ضروری مس و روی به ترتیب $0.523/0.9587$ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه گیری شد. ترتیب قرار گرفتن میزان تجمع فلزات سنگین در بافت نمونه های اندازه گیری شده بر مبنای غلظت آن ها در بافت عضله به صورت $Cu < Zn < Pb < Cd < Ni < Co$ می باشد (شکل های ۳ و ۴).



شکل ۴: نمودار تغییرات غلظت روی در مناطق مختلف صید ماهی

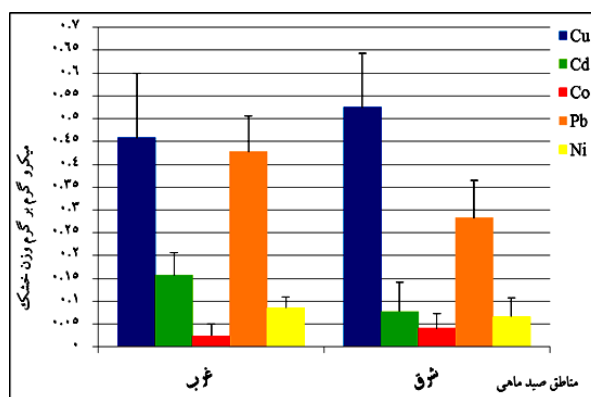
کفال طلایی دریای خزر (محدوده استان گیلان) سال ۱۴۰۰

عوامل ذکر شده کمترین همبستگی وجود داشته است. بین میزان تجمع عنصر کبالت و به دنبال آن میزان تجمع عنصر مس با وزن ماهیان مورد آزمایش کمترین همبستگی ($R=0.061$) و بین میزان تجمع سرب با وزن ماهیان مورد بررسی بالاترین همبستگی را داشته است ($R=0.81$).



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

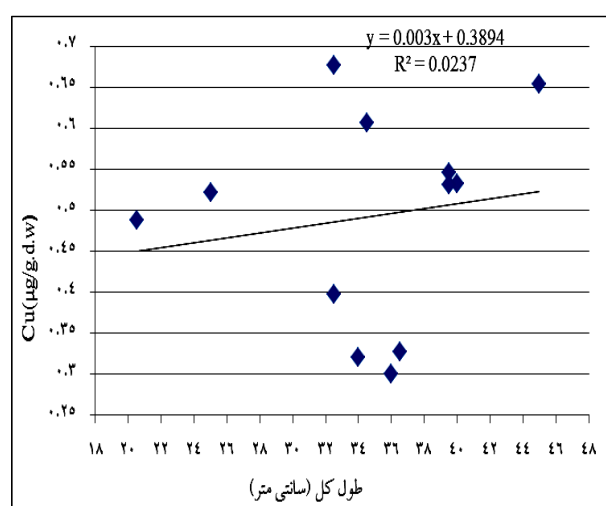
نتایج حاصل نشان داد که با توجه به موقعیت ایستگاه های صید ماهیان مورد آزمایش و همچنین وجود منابع آلاینده در منطقه، میزان تجمع عناصر مورد بررسی در بافت خوراکی ماهی کفال طلایی متفاوت بوده است، به طوری که عناصر غیر ضروری (سرب، کادمیم) در منطقه غرب استان گیلان نسبت به شرق دارای مقادیری بالاتری بوده است. حداکثر غلظت سرب به میزان 0.428 و حداکثر غلظت کادمیم به میزان 0.158 میکروگرم بر گرم وزن خشک ثبت گردیده است. در حالی



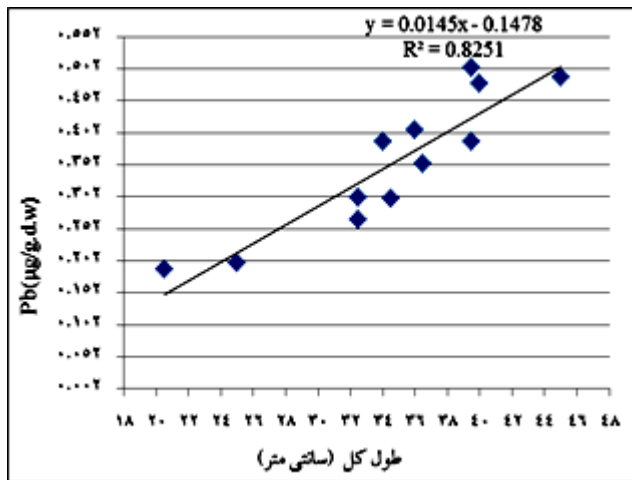
شکل ۳: نمودار تغییرات غلظت عناصر در مناطق صید ماهی کفال

طلایی دریای خزر (محدوده استان گیلان) سال ۱۴۰۰

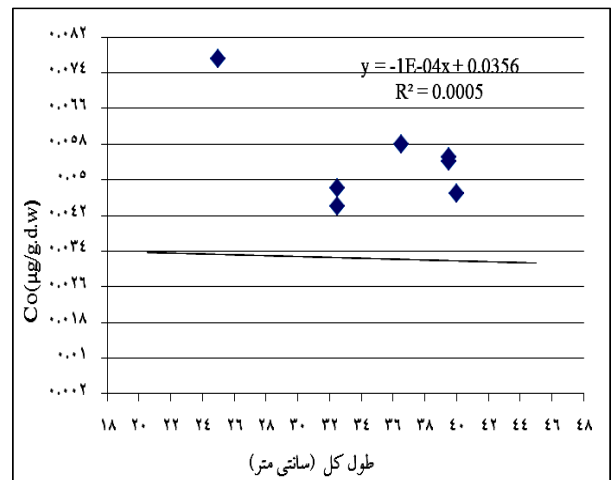
نتایج همبستگی مشخصات بیومتری (طول کل، وزن) ماهیان مورد مطالعه با میزان تجمع عناصر اندازه گیری شده در شکل های ۵ الی ۱۶ رسم شده است. بین میزان تجمع فلزات سرب و به دنبال آن روی با عوامل طول کل و وزن ماهیان مورد آزمایش بالاترین همبستگی ($R=0.82$) و بین میزان تجمع کبالت در بافت خوراکی ماهی کفال با



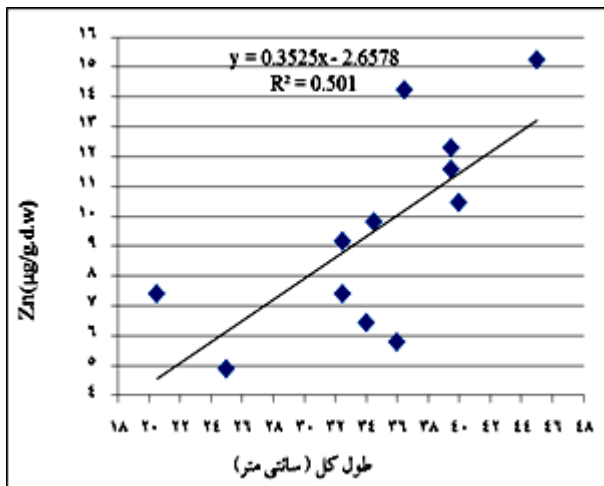
شکل ۵: نمودار ارتباط غلظت مس در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلایی



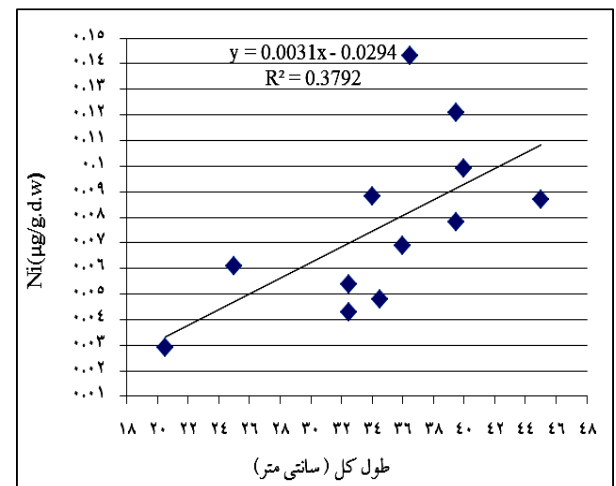
شکل ۸: نمودار ارتباط غلظت سرب در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلایی



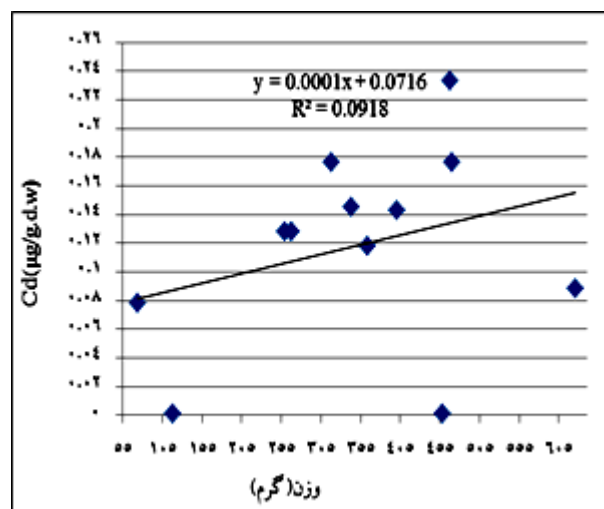
شکل ۷: نمودار ارتباط غلظت کبالت در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلایی



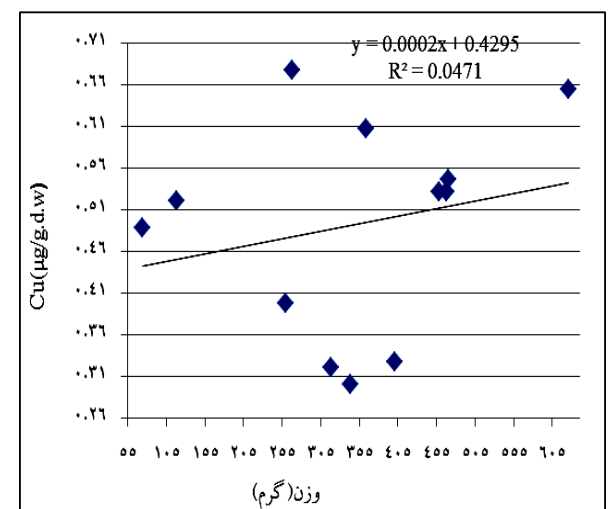
شکل ۱۰: نمودار ارتباط غلظت نیکل در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلایی



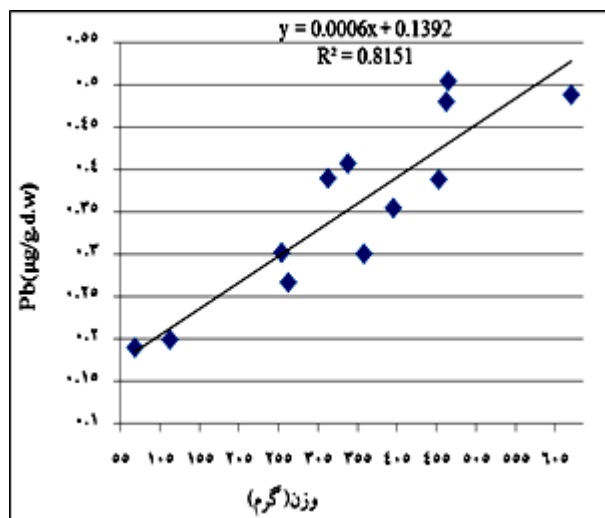
شکل ۹: نمودار ارتباط غلظت روی در بافت عضله با طول کل ماهی کفال طلایی



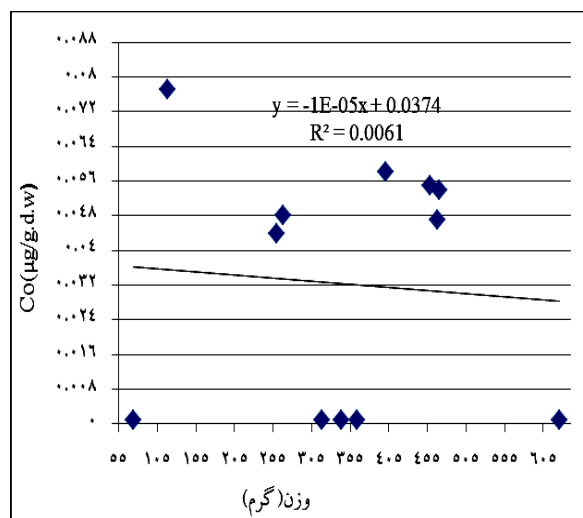
شکل ۱۲: نمودار ارتباط غلظت کادمیم در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلایی



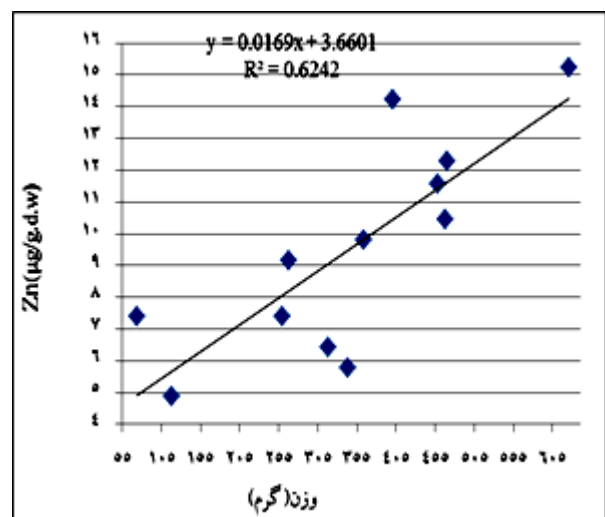
شکل ۱۱: نمودار ارتباط غلظت مس در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلایی



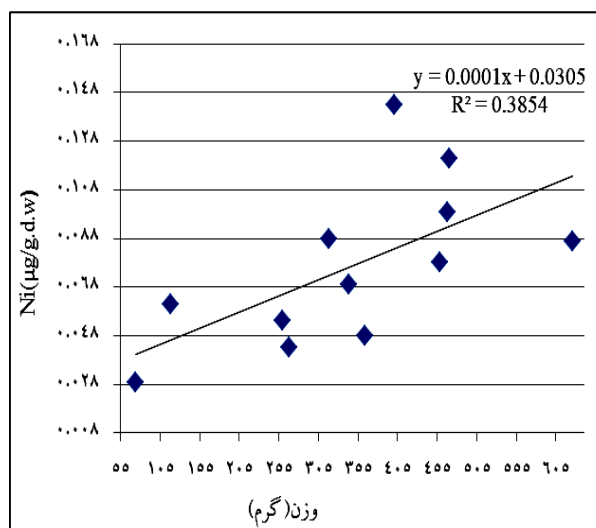
شکل ۱۴: نمودار ارتباط غلظت سرب در بافت عضله با وزن کل ماهی کفال طلائی



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



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



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

بحث

عضله) ماهی کفال طلائی (*Chelon auratus*) در محدوده نوار ساحلی استان گیلان مورد ارزیابی 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 به طوری که 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 به طور عمده حاوی ترکیبات به نام اسیدهای چرب اشباع شده هستند که این ترکیبات موجب بالا

امروزه تحقیقات و پژوهش زیادی در رابطه با تجمع عناصر فلزی در اندام‌های 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 به عنوان 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

مورد بررسی نسبت به سایر فلزات دارای مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داده اند که این فلزات از گروه عناصر ضروری محسوب می شوند. فلزات روی و مس بر اساس مقادیرشان در فرآیندهای زیستی ایفای نقش می کنند (محرک یا بازدارنده). این فلزات از جمله عناصر ضروری در واکنش های زیستی می باشند و به صورت هوموآستاتیک تنظیم می شوند. فلزات روی و مس می توانند در یک بافت ذخیره شده و سپس به بافت های دیگر انتقال یابند، یا این که مجدداً اندام های بدن به گردش در آیند تا در چرخه های حیاتی متعدد وارد واکنش شوند. غلظت های این دو فلز در یک بافت می تواند نشانگر نیازهای فرآیندها 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 می باشد (جدول ۲). براساس مطالعات صورت گرفته میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی، مس، آهن و کبالت در بافت های عضلانی ماهی کفال طلائی در حوزه جنوبی دریای خزر به ترتیب برای فلزات سرب ۲/۳۱ و کادمیم ۰/۳۲ و روی ۱۴/۳۳ و مس ۱/۰۰ و کبالت ۳/۰۷ میلی گرم 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 چند برابر کم تر مشاهده شده است (۱۵) که نتایج به دست آمده این تحقیق نیز از نتایج حاصل از تحقیق کنونی بالاتر می باشد (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 اندازه گیری شده برای عنصر سرب در تحقیق حاضر چندین برابر بیش تر می باشد (۴).

بردن کلسترول و سایر چربی های نامطلوب خون می شوند. ولی ماهی و آبزیان با وجود آن که از دسته مواد غذائی حیوانی هستند با این حال نوع چربی موجود در آن ها مشابه مواد گیاهی است و از اسیدهای چرب اشباع نشده به نام امگا ۳ در آبزیان وجود دارد که اثرات بسیار مهمی در سلامت انسان به عهده دارد و در پیشگیری از بسیار از بیماری ها و کنترل و کمک به بهبود اختلالات و عوارض مختلف نقش مهم و سازنده ای به عهده دارد. با توجه به نقش مهم 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 0.355 ± 0.101 ، 0.332 ± 0.111 ، 0.118 ± 0.056 ، 0.491 ± 0.045 ، 0.076 ± 0.013 و 9.546 ± 0.057 میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده است. نتایج حاصل نشان داد که بین میزان تجمع فلزات مورد مطالعه 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 در خصوص فلزات سنگین در ماهی کفال طلائی صورت گرفته که نتایج حاصل از این تحقیقات انجام گرفته در مورد 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 کیشهر 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 1.441 ، 0.109 ، 31.08 و 2.524 میکروگرم بر گرم وزن خشک ثبت شده است (۱۳) که به جز غلظت کادمیم که در محدوده تحقیق حاضر می باشد. سایر مقادیر به دست آمده بالاتر از تحقیق کنونی می باشد. شایان ذکر است که فلزات روی و مس در نمونه های

جدول ۲: مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلائی با دیگر مطالعات انجام گرفته (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

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

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 به دست آوردن فاکتور تصحیح تبدیل وزن خشک به وزن تر می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود: $CF=1-(R/100)=0.2$ 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 به دست می‌آید (۱۸). در این رابطه R درصد رطوبت بوده و پس از محاسبات مربوطه میزان غلظت برحسب وزن تر با استانداردهای بین‌المللی مقایسه گردید (جدول ۳). 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) میکروگرم بر گرم وزن تر) کم تر بوده است (۱۹). براساس منابع و موسسات بین‌المللی میزان غلظت فلزات مس، سرب و روی در بافت عضلانی ماهی به ترتیب سازمان بهداشت جهانی (WHO) ۱۰، ۰/۴ و ۱۰۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و استاندارد MAFF به ترتیب ۵، ۵۰ و ۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و استاندارد NHMRC به ترتیب ۱۰، ۱/۵ و ۱۵۰ میکروگرم بر گرم وزن

تر و استاندارد FAO/WHO (۲۰) به ترتیب ۳۰، ۵/۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و همچنین استانداردهای توصیه شده سازمان غذا و کشاورزی جهانی FAO (۲۱، ۲۲) به ترتیب ۳۰، ۲ و ۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر توصیه شده که نتایج تحقیق حاضر کم تر از استانداردهای توصیه شده می‌باشد (۱۹، ۲۳، ۲۴). نتایج حاکی از این است که میزان تجمع مس در بافت عضلانی ماهی کفال در محدوده استاندارد USEPA (۰/۱) میکروگرم بر گرم وزن تر) بوده است. میزان غلظت روی در بافت مورد مطالعه از استاندارد USEPA (۰/۰۷) میکروگرم بر گرم وزن تر) بالاتر بوده هم چنین غلظت سرب در نمونه‌های آنالیز شده (بافت خوراکی) از استاندارد USEPA (۰/۰۵) بالاتر بوده است (۲۵، ۲۶) که این می‌تواند زنگ خطر و هشدار برای مصرف کنندگان منطقه باشد. به طو کلی، بیش تر 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 بیماری‌ها به ویژه سرطان و مسمومیت عصبی را به دنبال خواهد داشت (۲۷).

جدول ۳: مقایسه حد مجاز استانداردهای جهانی فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن تر) با تحقیق حاضر

استاندارد/فلز	مطالعه (حاضر)	WHO ^a	MAFF ^b	USEPA ^c	NHMRC ^d	USDA ^e	FAO/WHO ^f	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

^aWorld Health Organization (19); (28); ^bministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK); FF (29); ^cUnited States Environmental Protection Agency (25); ^dAustralian National Health and Medical Research Council (19); ^eUnited States Department of Agriculture (30); ^f(24)(31), ^h(32)

با توجه به این که 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 در خصوص نحوه جذب (مطالعه نحوه پیوند فلز با چربی و پروتئین بافت) یا عدم جذب فلزات در بافت عضله ماهی کفال انجام گردد. به عنوان 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 به دلیل وجود ترکیبات محلول این عناصر در آب که می‌توانند با چربی و پروتئین‌ها ایجاد کمپلکس نمایند، باشد. هم چنین 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 در سطح 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،

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

بنابراین می‌توان غلظت بالای فلزات سنگین در این منطقه را تا حدودی به ورود آلاینده‌ها از کشورهای همسایه نسبت داد (۳۳). هم چنین ورود مستقیم و غیرمستقیم، فاضلاب‌های شهری، پساب‌های کشاورزی و صنعتی به دریای خزر، آلودگی‌های ناشی از حمل و 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 به دلیل 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 Rasool, 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)

- 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 in New 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)