علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، ویژه نامه شماره۲، پاییز ۱۳۹۵

سنجش غلظت فلزات سنگین (سرب،کادمیوم و جیوه) درعضله ماهی کفال پوزه باریک و ارزیابی خطرناشی از مصرف آن (مطالعه موردی: آب های سواحل مازندران)

زهرا مهری آسیابر [۱]

لعبت تقوی [۲*]

Taghavi_Lobat@yahoo.com

تورج ولی نسب [۳]

رضا پورغلام [۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۵ **تاریخ پذیرش:۹۳/۱۲/۲۵**

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه به بررسی غلظت سه فلز سرب، کادمیوم و جیوه در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک-Liza saliens در سواحل مرکزی خزر در زمستان ۱۳۹۲ به همراه برآورد خطر ناشی از مصرف عضله این ماهیان برای انسان می پردازد.

روش بررسی: فلزات مورد نظر در نمونه های تهیه شده (۳۲ نمونه) پس از آماده سازی و انجام فرآیندهای استخراج و هضم، با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز اندازه گیری گردیدند.

یافته ها: نتایج نشان داد میانگین غلظت به همراه انحراف معیار در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک مربوط به فلزات سرب و جیوه به ترتیب ۲/۹۶۰۹ ± ۵/۷۲۹۰۳ و ۴۴/۹۴۵۶ ± ۷۹/۰۱۵۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک می باشد. عوامل جذب روزانه (DI) برای عناصر سرب، کادمیوم و جیوه به ترتیب (۱۰۰/۴۶)،(۰/۰۶) و (۱۵۲۵/۲۶) میلی گرم بر شخص در روز و شاخص خطر (HQ)، (۰/۱۶۰۷)، (۱/۰۰۰)، (۶/۴۲۰۰) به دست آمد.

نتیجه گیری: پس از مقایسه با استانداردهای شاخص ملاحظه گردید که مقدار سرب در عضله کفال پوزه باریک سواحل مرکزی خزر بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO) و سازمان وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان(UKMAFF) می باشد. ولی از نظر استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا(FDA) در حد مجاز و مقدار جیوه از هر سه استاندارد شاخص در این تحقیق بسیار بالاتر بود.در نتیجه میزان مجاز مصرف برای حفظ سلامتی از لحاظ سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۵۹۱ و ۳۸/۸۸۹ گرم در روز و ۴/۱۷۹ و ۲۷۲/۲۲۳ گرم در هفته توصیه می شود، اما میزان مجاز مصرف برای جیوه از لحاظ حفظ سلامتی صفر است و برای مصرف در این خصوص توصیه نمی شود.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، کفال پوزه باریک، جذب روزانه، شاخص خطر، دریای خزر.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آلودگی های محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲*- (مسوول مکاتبات): استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۳- استاد دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ایران.

۴- رییس پژوهشکده اکولوژی آبزیان دریای خزر ساری و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 18, Special No.2, Autumn 2016

Measuring Concentration of Heavy Metals (Pb, Cd, Hg) in Tissue of Liza Saliens and Risk Assessment Associated with its Use (Case Study: Coastal Waters of the Caspian Sea)

Zahra Mehri Asiabar [1]

Lobat Taghavi [2*]

Taghavi_Lobat@yahoo.com

Tooraj Valinassab [3]

Reza Pourgholam [4]

Abstract

Background and Objective: This study aimed to investigate the concentration of three heavy metals of Cd, Pb and Hg in tissue of *Liza saliens* in the southern Caspian Sea (Mazandaran Province) in 2013. It also attemts ro estimate the risks associated with its use by human.

Method: The samples (32 specimens) were prepared under standard conditions; and after preparation process, the measurements were done using atomic absorption.

Results: The results revealed that the mean ± SD of Pb and Hg in muscle tissue of grey mullet were 5.72903 ± 2.9606 and 79.01561 ± 44.9456 mg/kg of dry weight, respectively. The Daily Intake (DI) for Pb, Cd and Hg were 100.46, 0.06 and 1525.26 mg/day per person, respectively and Hazard Quotients (HQs) were measured to be 0.1607, 1.000, and 6.4200.

Conclusion: After comparing the standards, it was observed that the amount of lead in muscle of mullet narrow snout at central coast of the Caspian Sea was above the standard suggested by the World Health Organization (WHO) and the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK (UKMAFF). However, this amount was permissible according to the standards of the United Sate's Food and Drug Administration (FDA). The amount of mercury in this study was much higher than the three standard indexes mentioned. As a result, the acceptable level of Pb and Cd intake for good health is recommended to be 0/591 and 38/889 g per day and 4/179 and 272/223 g per week. The allowable level of Hg consumption for maintaining health is zero and, therefore, it is not recommended for consumption.

Keywords: Heavy Metals, Caspian Sea, Liza Saliens, Daily Intake (DI), Hazard Quotient (HQ).

1- M.Sc. in Environmental Science, Department of Environmental Science, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran , Iran. * *(Corresponding Author)*

3- Tarbiat Modarres University, Professor and Member of the Scientific Advisory Board of the Research Institute of Fisheries Science, Iran.

4- Head of the Institute of the Caspian Sea Aquatic Animals Ecology in Sari, and Faculty Member of Iranian Research Institute of Fisheries Science, Iran.

مقدمه

استفاده ازمنابع خوراکی دریایی به ویـژه ماهیـان بـه عنـوان بخشـی از منـابع پروتئینی، به علت افزایش جمعیت و نیاز روزافزون انسان به غذا، افزایش یافته است (۱). پژوهش هایی که در زمینه آلـودگی فلـزات سـنگین در اکوسیسـتم های آبی انجام می شوند، از دیدگاه سلامت انسان و بهداشـت عمـومی بسـیار مهم هستند. از طرفی در این پژوهش ها حفظ حالت تـوازن اکوسیسـتم هـای آبی به عنوان هدف ثانویه مدنظر است. طبیعـت بسـته خـزر آن را منـزل گـاه جانوران و گیاهان منحصربه‌فرد کرده است، اما در عین حال موجب شده تا در مقابل آلودگی‌های کشاورزی و صنعتی و نفتی بسیار آسیب‌پذیر باشد. این دریا از نظر منابع نفت و گاز بسیار غنی است. افزایش آلودگی دریای خزر در نتیجه رهاسـازی مشـتقات نفتـی، فاضـلاب‌های تاسیسـات ساحلی(پالایشـگاه‌ها و کارخانجات بزرگ صنعتی، بنادر صیادی و تجاری و ...)، فاضلاب‌های خانگی و هـم چنـین روانـاب کشـاورزی در نتیجـه اسـتفاده از سـموم دفـع آفـات و حشره‌کش‌ها از مهم ترین مخاطراتی است کـه ایـن زیسـت بـوم را بـا تهدیـد مواجه ساخته است(۲). پژوهش درخصوص تحقیق حاضـر از آن جهـت مـورد توجه است که ماهی کفال (دو گونه کفـال پـوزه باریـک[1]و کفـال طلایـی[2] در دریای خزر) از نظر اقتصادی بسیار حایز اهمیت اسـت. بـر اسـاس سـال نامـه آماری سازمان شیلات ایران (۱۳۹۲) مجموع آمار صید ماهیان دریای خزر در سال ۱۳۹۱ حدود ۴۰۳۱۴ تن بوده که ۱۶۱۶۰ تن آن (۴۰ درصد) مربوط بـه ماهیان استخوانی از جمله ماهی کفال بوده است. در میان ماهیـان اسـتخوانی که فصل صید آن ها از مهر ماه تا فروردین ماه هر سال می باشـد (شـش مـاه آزاد سازی صید و شش ماه ممنوعیت صید) ماهی سفید[3] و کفال، دو گونـه بـا ارزش اقتصادی محسوب می شوند که میانگین قیمت هر کیلوگرم ماهی کفال در آخرین سال آمار ارایه شده یعنی۱۳۹۱ مبلغ ۱۲۴۳۵ تومان می باشد.

از طرف دیگراز میان فلزات سنگین که در آب های طبیعی یافـت مـی شـوند، اهمیت سرب، کادمیوم و جیوه از نظر امکـان بـروز تلفـات در ماهیـان از بقیـه عناصر بیشتر است(۳) و از آن جا که ماهی کفـال جـزء اصـلی تـرین ماهیـان خوراکی و مورد پسند عموم مصرف کنندگان می باشد و در چند سال گذشته گزارشات مختلفی مبنی بر حضور آلاینده ها از جملـه عناصـر سـنگین در آب های دریای خزر اعـلام شـده اسـت(۴)، لـذا ضروریسـت سـلامت گونـه هـای پرمصرف و تجاری بالاخص ماهیان استخوانی از جمله کفـال مـورد مطالعـه و بررسی قرار گیرد. تاریخچه موضوع به طور مفصل در بخش ادبیـات و پیشـینه تحقیق آورده شده است. هدف اصلی این تحقیق تعیین و اندازه گیـری تجمـع سه فلز سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در عضله ماهی کفـال پـوزه باریـک در سواحل مازندران و برآورد خطر ناشی از مصرف آن می باشد.

روش بررسی

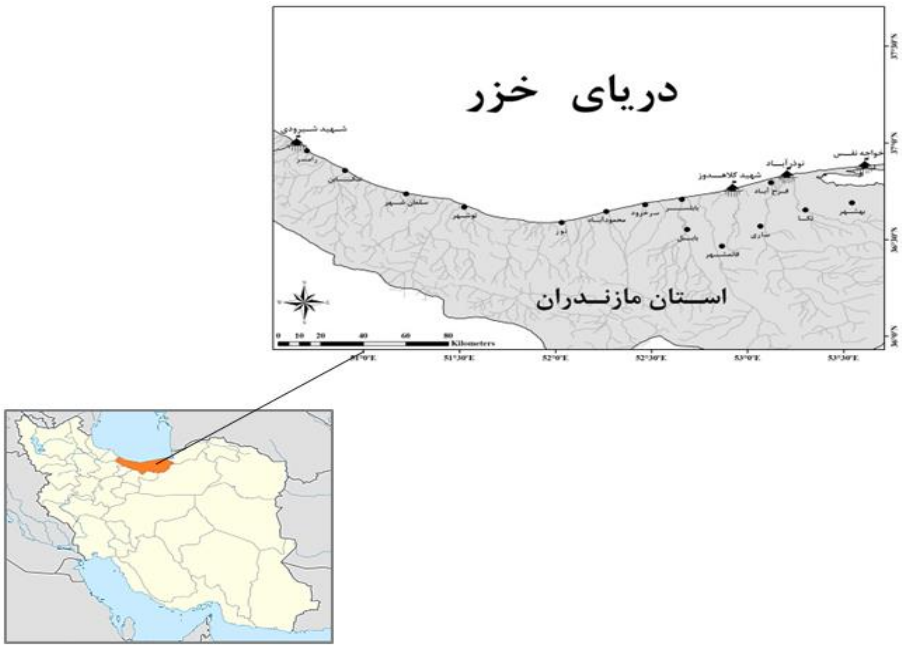
با توجه به این که ماهی کفال یکی از ماهیان اقتصادی دریای خـزر محسـوب می گردد، لذا اندازه گیری و سنجش و بررسی انواع آلاینده ها از جمله فلـزات سنگین که در میان آن ها سـه فلـز سـنگین غیرضـروری (سـرب، کـادمیوم و جیوه) بیشترین فراوانی را در اکوسیستم های آبی دارا می باشد (۵). به همین منظور سنجش غلظت فلـزات سـنگین بـالاخص در بافـت عضـله کـه مصـرف خوراکی دارد و برآورد خطر ناشی از مصـرف مـاهی آلـوده بـه فلـز سـنگین و نیزمقایسه با مطالعات اخیر و استاندارد های جهانی حایز اهمیت می باشـد. در این مطالعه تعداد ۳۲ عدد ماهی کفال پوزه باریک-Liza saliens (۱۸ نـر و ۱۴ ماده) در سواحل مرکزی خزر(استان مازندران) از چهـار صـیدگاه (تعـاونی های پره در شهرهای رامسر، قائم شهر، نکا و بهشهر) به صورت تصـادفی تهیـه گردید که نقشه و موقعیت جغرافیایی ایستگاه هـای نمونـه بـرداری(۶) آن بـه شرح ذیل می‌باشد:

1- Liza saliens
2- Liza aurata
3- Rutilus frisii kutum kanesky

جدول۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها

Table 1- The geographical location of stations

ایستگاه	شهر	صیدگاه	طول	عرض
ایستگاه ۱	رامسر	تعاونی پره شهید شیرودی	50° 36′ 53″ E	36° 57′ 18″ N
ایستگاه ۲	قایم شهر	تعاونی پره شهید کلاهدوز	52° 54′ 57″ E	36° 45′ 27″ N
ایستگاه ۳	نکا	تعاونی پره نوذرآباد	53° 11′ 47″ E	36° 49′ 47″ N
ایستگاه ۴	بهشهر	تعاونی پره خواجه نفس	53° 36′ 38″ E	36° 52′ 49″ N



نقشه ۱- منطقه مورد مطالعه سواحل مرکزی خزر در استان مازندران

Map 1- Study area of the central banks of the Caspian in Mazandaran

آماده سازی نمونه ها

نمونه ها پس از گردآوری درون جعبه های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه آلاینده ها در پژوهش کده اکولوژی آبزیان دریای خزر در ساری منتقل شدند که مجهز به پیشرفته ترین دستگاه های اندازه گیری فلزات سنگینمی باشد. در آزمایشگاه قبل از آغاز زیست سنجی درون کیسه های پلاستیکی استریل به طور مجزا قرار داده شده و کد گذاری گردیدند. سپس با استفاده از تخته بیومتری طول کل و طول چنگالی بر حسب سانتی متر اندازه گیری و با ترازوی دیجیتال در حد گرم توزین و از ناحیه سر شکاف داده شد. سپس اتولیت ساجیتای آن از سر خارج و پس از آماده سازی و برش در زیر میکروسکوپ تعیین سن گردیدند. پس از زیست سنجی، از عضله ماهی با تیغه اسکالپل نمونه برداری صورت گرفت و برای تعیین وزن تر نمونه ها هر یک به تفکیک توسط ترازوی دیجیتالی توزین شدند. سپس نمونه ها در یخچال فریزر به مدت یک شب نگاه داشته شدند و روز بعد درون دستگاه فریز درایر جهت خشک شدن قرار گرفتند.

هضم نمونه ها و آنالیز دستگاهی جهت تعیین میزان فلزات سنگین

نمونه های ماهی که به روش فریز درایر خشک شده بود، جهت مراحل هضم به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه گیری سرب و کادمیوم، نمونه های آماده سازی شده به مقدار ۰/۳ گرم توزین و درون ویال ریخته و با افزودن cc ۴ نیتریک اسید به مدت یک ساعت در دمای آزمایشگاه رها شد سپس درون هات پلیت در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت عمل هضم انجام گردید. برای اندازه گیری جیوه نیز، مقدار ۰/۳ گرم نمونه خشک شده توزین و درون ویال ریخته، سپس ۴۵ میلی گرم (۰/۰۴۵gr) اکسید وانادیم (V_2O_5) اضافه گردید. در ادامه cc ۵ نیتریک اسید اضافه و به مدت یک شب در دمای اتاق قرار داده شد و سپس برای عمل هضم در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد بمدت ۳ ساعت درون هات پلیت قرار گرفت. آن گاه پس از خنک شدن نمونه با افزودن ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱ میلی لیتر دی کرومات پتاسیم (۲ درصد) به حجم نهایی ۵۰ میلی لیتر رسانده شد(۷).تمامی فلزات با دستگاه جذب اتمی مدل Thermo,Electron Corporation AA Serio System با لامپ زمینه دوتریم آنالیز گردیدند. فلزات Cd,Pb با

کوره گرافیتی و جیوه Hg با بخارات سرد اتمی(Cold Vapour) تعیین غلظت شدند (۸).

آنالیز آماری

در این تحقیق ایستگاه ها متغیر مستقل و پارامترهای زیستی و فلزات سنگین مورد مطالعه متغیر وابسته در نظر گرفته شد. پس از زیست سنجی، میانگین غلظت سه فلز سرب، کادمیوم و جیوه با استانداردهای جهانی(WHO-UKMAFF-FDA) مقایسه گردید و تجزیه و تحلیل داده ها در نرم افزار SPSS15 انجام گرفت. سپس داده ها بر اساس فرایندهای مناسب انتقال داده شد و با آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) و کولموگراف – اسمیرنف (Kolmogorov-Smirnov) و رسم نمودار Q-Q نرمال بودن (Sig > 0.05) آن تایید شد.میانگین نمونه ها به کمک آزمون های آماری با یک دیگر مقایسه شد تا وجود و عدم وجود اختلاف معنی دار تعیین گردد (۹). با توجه به نرمال بودن داده ها از آزمون های پارامتریک (ANOVA, T-test) برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده گردید و برای ثبت اطلاعات و کلاسه بندی داده ها نرم افزار اکسل ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفت.

روش محاسبه برآورد خطر ناشی از مصرف

اگرچه غذاهای شیلاتی از جمله محصولات غذایی هستند که مزایای زیادی برای مصرف کننده دارند اما مصرف ماهی بدون توجه به ایمنی غذایی کار صحیحی نیست لذا ضروری است از سلامت ماهی و عاری بودن آن از سطح خطرناک آلودگی اطمینان حاصل نمود. شایان ذکر است که در تحقیق حاضر ب برای محاسبه و برآورد خطر ناشی از مصرف ماهی از فرمولهای زیر استفاده شد:

فرمول شماره ۱: میزان جذب فلز سنگین در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میلی گرم بر شخص در روز)

$$DI=F_{IR}C$$

DI= میزان جذب فلز سنگین در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میلی گرم بر شخص در روز)

FIR= میزان مصرف ماهی در منطقه مورد مطالعه (گرم بر شخص در روز)

C= میانگین غلظت فلز سنگین در ماهی (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

این فرمول میزان جذب روزانه (Daily Intake) فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه ناشی از مصرف ماهی را با در نظر گرفتن میانگین غلظت این عناصر در ماهی مورد مطالعه (کفال پوزه باریک-Liza saliens) و سرانه مصرف ماهی در جامعه مورد مطالعهمحاسبه می نماید که به ازای هر نفر در استان مازندران ۱۲/۳۹ کیلوگرم در سال می باشد (۱۰). با کمک این فرمول می توان با توجه به غلظت آلاینده در ماهی یا فرآورده های دریایی با کاهش میزان مصرف آن تعداد ورود و جذب ماده آلاینده به بدن را تا حد استاندارد یعنی مقداری که هیچ گونه اثر منفی قابل مشاهده ای نداشته باشدکاهش داد (۱۱). با کمک این فرمول میزان جذب روزانه و هفتگی قابل قبول آلاینده یا میزان تماس روزانه انسان با آلاینده به دلیل مصرف ماهیان آلوده را می توان محاسبه کرد(۱۲).

فرمول شماره ۲: حداکثر میزان مجاز مصرف در روز(گرم در روز)

$$CRlim=(RFD \times BW) / Cm$$

CRlim = حداکثر میزان مجاز مصرف در روز(گرم در روز)

RFD= مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده (میلی گرم در کیلوگرم)

BW= وزن بدن(۷۰کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

Cm= میزان فلز سنگین در ماهی (میلی گرم بر کیلوگرم)

این فرمول که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا پیشنهاد شده، میزان مجاز مصرف روزانه ماهی(CRlim) را با توجه به مقدار فلز سنگین اندازه گیری شده در عضله ماهی محاسبه می نماید(۱۳). میزان RFD(Referencedose) یا مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده برای سرب،کادمیوم و جیوه به ترتیب ؛ ۰/۰۰۱ ،۰/۰۲۵و ۰/۰۰۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم در روز می باشد(۱۴).

فرمول شماره ۳: شاخص خطر

$$HQ= (MTCC \times CR / BW) / RFD$$

HQ= شاخص خطر (بدون واحد)

MTCC= میانگین غلظت آلاینده اندازه گیری شده در ماهی (میلی گرم بر کیلوگرم)

CR=حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم در روز)

BW= وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

RFD= مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده (میلی گرم در کیلوگرم)

فرمول شاخص خطر HQ[1] به ارزیابی خطر برای سلامت می پردازد. شاخص خطر HQ عبارت است از نسبت مقدار تعیین شده آلاینده(میانگین غلظت آلاینده اندازه گیری شده در نمونه) به سطح مقدارمرجع[2] آلاینده. اگر این نسبت کمتر از یک باشد نشان دهنده آن است که مصرف ماهی اثر مضری برای سلامتی مصرف کننده نخواهد داشت(۱۳).

یافته ها

ابتدا نتایج حاصل از زیست سنجی و آنالیز بافت عضله ۳۲ عدد ماهی کفال پوزه باریک-Lizasaliens در ۴ ایستگاه (تعاونی های پره در شهرهای رامسر، قایم شهر ، نکا و بهشهر) بررسی شد. از هر ایستگاه تعداد ۸ نمونه در اوزان بازاری که از سواحل مازندران به صورت تصادفی تهیه گردیده بود با استانداردهای جهانی مقایسه و سپس نتایج با تحلیل های آماری بررسی گردید. از آن جا که در این تحقیق از ۳۲ عدد نمونه که توسط دستگاه جذب اتمی مدل Thermo,Electron Corporation AA Serio System آنالیز شد، فقط در ۹ تا از نمونه ها جیوه و در ۷ تای آن سرب مشاهده شد و در هیچ کدام از نمونه ها کادمیوم دیده نشد، بنابراین تجزیه و تحلیل داده ها و بحث و بررسی در نرم افزارSPSS15 بین دو فلز سرب و جیوه انجام گرفت. یادآور می گردد کادمیوم قابل جذب در هر چهار ایستگاه و در تمام نمونه ها

1-Hazard Quotient
2-RFD

کمتر از حد تشخیص دستگاه (۰/۰۰۱۸)بود. بنابراین در تمام نمونه ها فقط عدد حد تشخیص دستگاه را نشان داد.

بررسی نتایج در ایستگاه ها

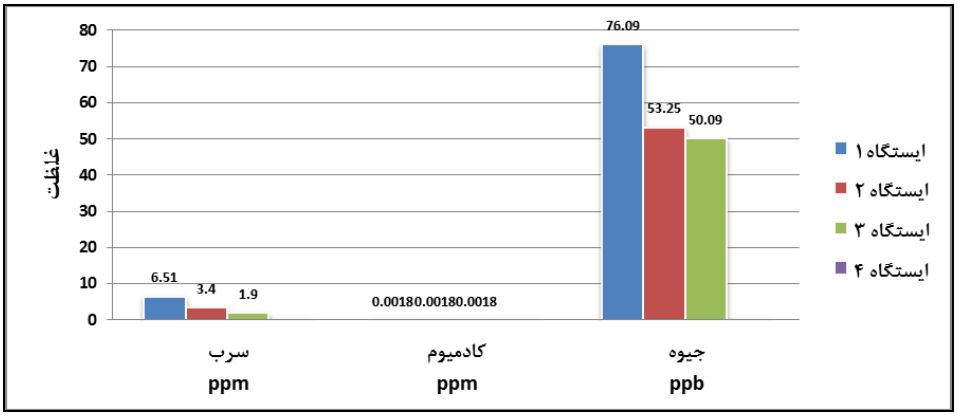
جدول شماره۲ نتایج حاصل از مقایسه میانگین متغیرهای مورد مطالعه اندازه-گیری شده در ماهی کفال پوزه باریک در ۴ ایستگاه (رامسر، قایم شهر ، نکا و بهشهر) را نشان می دهد.

جدول۲- مقایسه میانگین متغیرهای مورد مطالعه

Table 2- Compares the average the studied variables

ایستگاه	متغیر / شهر	طول چنگالی FL (cm)	طول کل TL (cm)	وزن خشک Weight (g)	سن Age (yr)	سرب Pb (ppm)	کادمیوم Cd (ppm)	جیوه Hg (ppb)
ایستگاه ۱	رامسر	۲۵/۰۶۲۵	۲۷/۵۳۷۵	۱۰۱/۳۲۵	۴/۱۲۵	۶/۵۱	۰/۰۰۱۸	۷۶/۰۹
ایستگاه ۲	قایم شهر	۲۵/۱۳۷۵	۲۷/۶	۱۰۷/۵	۴/۲۵	۳/۴۰	۰/۰۰۱۸	۵۳/۲۵
ایستگاه ۳	نکا	۲۴/۲۱۲۵	۲۶/۵	۱۰۳/۴۳۷۵	۴/۲۵	۱/۹۰	۰/۰۰۱۸	۵۰/۰۹
ایستگاه ۴	بهشهر	۲۵/۷۲۵	۲۸/۱۸۷۵	۱۱۶/۹	۴/۵	۰/۰۳	۰/۰۰۱۸	۰/۳۲

نمودار شماره (۱) حداقل±حداکثرمیانگین غلظت سرب ۰/۰۳ ± ۶/۵۱ (ppm) و جیوه ۰/۳۲ ± ۷۶/۰۹ (ppb) را نشان می دهد. در این نمودار ملاحظه می گردد که از ایستگاه شماره ۱ (غرب سواحل مازندران) به سمت ایستگاه شماره(۴) (شرق سواحل مازندران) میانگین غلظت سرب و جیوه رو به کاهش است.

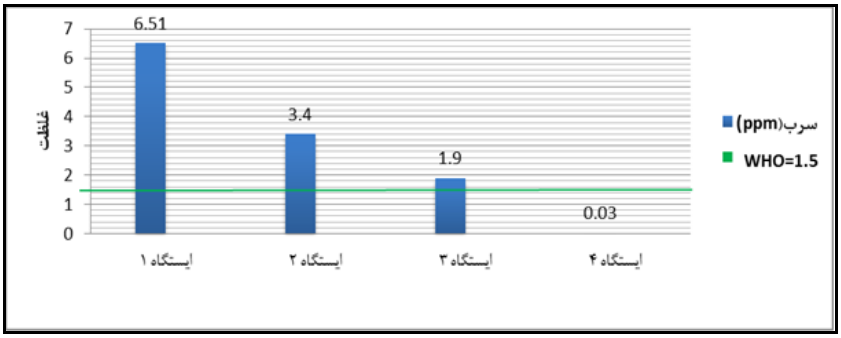


نمودار۱- مقایسه میانگین غلظت فلزات در ۴ ایستگاه

Chart 1- Compares the average concentration of metals in the 4 stations

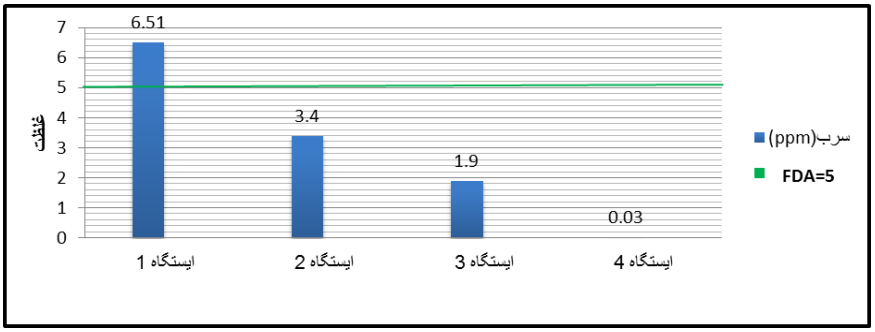
مقایسه غلظت فلزات با استانداردهای جهانی در ایستگاه‌ها

نمودارهای ۲ و ۳ و ۴ و نمودارهای۵ و۶ و۷ به ترتیب به مقایسه غلظت سرب و جیوه اندازه‌گیری شده در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک در ۴ ایستگاه با استانداردهای شاخص در این تحقیق می پردازندکه در قسمت نتیجه‌گیری به بحث در مورد آن خواهیم پرداخت.



نمودار۲- بررسی غلظت سرب در ایستگاه ها طبق استاندارد WHO

Chart 2- Lead Concentration in stations according to WHO

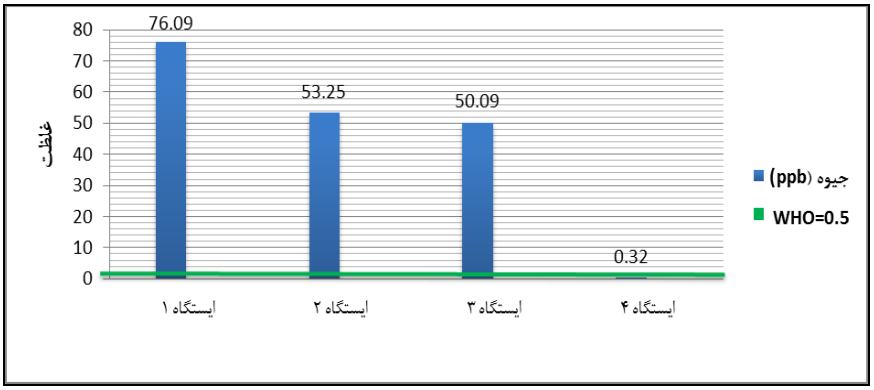


نمودار۳- بررسی غلظت سرب در ایستگاه ها طبق استاندارد FDA

Chart 3- Lead Concentration in stations according to FAO

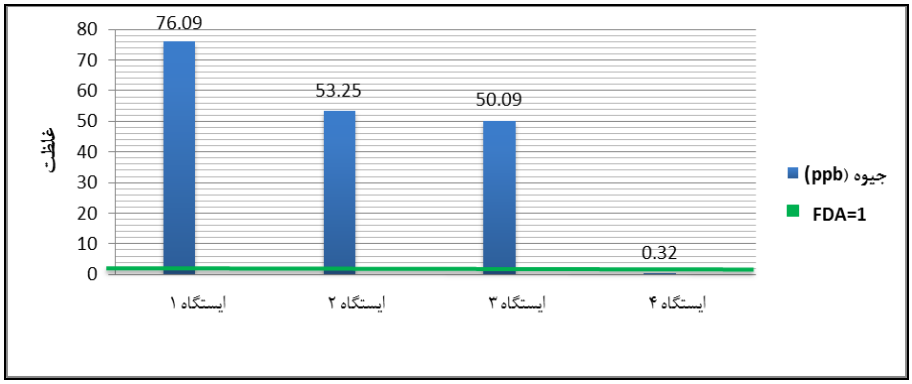
نمودار۴- بررسی غلظت سرب در ایستگاه ها طبق استاندارد UKMAFF

Chart 4- Lead Concentration in stations according to UKMAFF



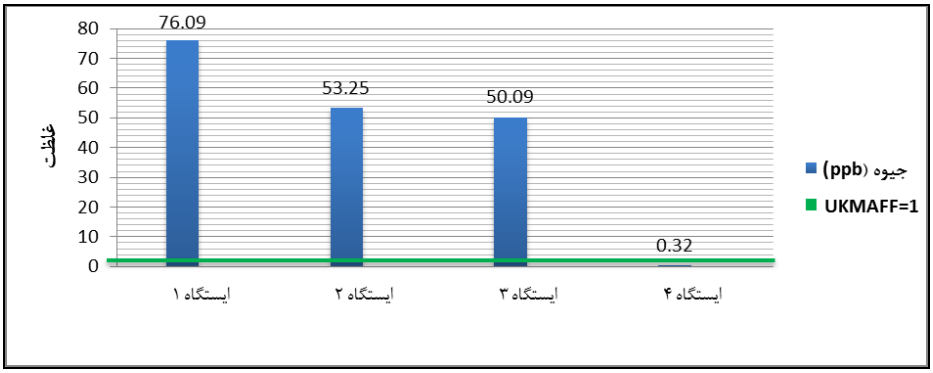
نمودار۵- بررسی غلظت جیوه در ایستگاه ها طبق استاندارد WHO

Chart5- Mercury Concentration in stations according to WHO



نمودار۶- بررسی غلظت جیوه در ایستگاه ها طبق استاندارد FDA

Chart 6- Mercury Concentration in stations according to FDA



نمودار۷- بررسی غلظت جیوه در ایستگاه ها طبق استاندارد UKMAFF

Chart 7- Mercury Concentration in stations according to UKMAFF

بررسی نتایج در تحلیل های آماری

به منظور بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین تجمع فلزات مورد نظر در عضله با پارامترهای زیستی، از تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد بین غلظت فلزات (سرب و جیوه) با پارامترهای زیستی (طول چنگالی، طول کل، سن) اختلاف معنی داری وجود ندارد($Sig > 0.05$). لازم به توضیح است که در این آزمون چون اختلاف بین اعداد در وزن زیاد نبود، بنابراین پارامتر وزن در تجزیه واریانس یک طرفه در نظر گرفته نشد. جدول شماره (۳) به مقایسه پارامترهای زیستی ماهی (طول چنگالی، طول کل، وزن و سن) در دو جنس نر و ماده می پردازد.

جدول۳- مقایسه پارامترهای زیست سنجی(میانگین± انحراف معیار)در دو جنس نر و ماده ماهی کفال پوزه باریک

Table 3- compares the biometric parameters (Mean ± SD) in In both male and female of Liza saliens

متغییر	نر/Male – (n=۱۸)	ماده/Femal – (n=۱۴)	تعداد کل –(n=۳۲)
طول چنگالی/FL -(cm)	۲۵/۰۶۶۷±۲/۳۱۰۳۳	۲۴/۹۹۲۹±۳/۲۳۰۹۷	۲۵/۰۳۴۴±۲/۷۰۳۰۰
طول کل/TL - (cm)	۲۷/۵۰۵۶±۲/۵۸۳۰۸	۲۷/۳۹۲۹±۳/۵۸۷۰۴	۲۷/۴۵۶۳±۳/۰۰۹۶۶
وزن/Weight - (g)	۱۰۶/۱۲۲۲±۳۴/۵۴۴۲۲	۱۰۸/۷۹۲۹±۴۵/۲۶۸۲۵	۱۰۷/۲۹۰۶±۳۸/۹۳۰۰۹
سن/Age - (yr)	۴/۲۲±۰/۹۴۳	۴/۳۶±۱/۰۰۸	۴/۲۸±۰/۹۵۸

جدول شماره (۴) توصیف آماری غلظت فلزات سنگین سرب و جیوه را در بافت عضله ماهی مورد مطالعه نشان می دهد. توضیح این که در جدول مربوطه واحدهای اندازه گیری عناصر سرب و کادمیوم بر حسب ppm و جیوه برحسب ppb وزن خشک می باشد.

جدول۴- توصیف آماری غلظت سرب و جیوه در بافت عضله کفال پوزه باریک(n=۳۲)

Table 4- Statistical descriptions concentrations of lead and mercury in in tissue of Liza saliens (n=32)

متغیر Variable	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean	انحراف استاندارد (S.E)	انحراف معیار (S.D)	دامنه Range
سرب	۰/۰۳	۱۶/۰۰	۲/۹۶۰۹	۱/۰۱۲۷۶	۵/۷۲۹۰۳	۱۵/۹۷
جیوه	۰/۳۲	۲۴۲/۸۰	۴۴/۹۴۵۶	۱۳/۹۶۸۱۲	۷۹/۰۱۵۶۱	۲۴۲/۴۸

برای مقایسه غلظت فلزات اندازه گیری شده در عضله ماهی مورد مطالعه با استانداردهای جهانی از آزمون One-Sample T-test استفاده شد. نتایج آزمون نشان داد کهبین غلظت سرب در بافت نمونه های اندازه گیری شده با استانداردهای WHO(t=12.936)، FDA (t=9.140) و UKMAFF (t=12.394) اختلاف معنی داری وجود داشت و بیشترین اختلاف میانگین مشاهده شده در جداول T-test برای فلز سرب با استاندارد WHO بود (WHO: 11.9286 > UKMAFF : 11.4286 > FDA : 8.4286).

همچنین بین غلظت جیوه نیز در بافت نمونه های اندازه گیری شده با استاندارد های WHO (t=7.676)، FDA (t=7.652) و UKMAFF (t=7.652) اختلاف معنی داری وجود داشت و اختلاف استاندارد WHO از دو استاندارد دیگر بیشتر بود(FDA =157.9889:157.9889: WHO:158.4889 >UKMAFF).

جذب روزانه سرب،کادمیوم و جیوه در بدن مردم سواحل مازندران از طریق مصرف ماهی کفال پوزه باریک طبق فرمول شماره (۱) با در نظر گرفتن میانگین غلظت (C) این عناصر در ماهی (برای سرب، کادمیوم وجیوه به ترتیب، ۲/۹۶، ۰/۰۰۱۸و ۴۴/۹۴)میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و میانگین ماهی مصرفی(FIR) توسط افراد جامعه (به ازای هر نفر در استان مازندران) ۱۲/۳۹ کیلوگرم در سال و یا به عبارت دیگر ۳۳/۹۴ گرم بر شخص در روز محاسبه شد. مقدار جذب روزانه (DI)برای سرب، کادمیوم و جیوه به ترتیب۱۰۰/۴۶، ۰/۰۶، (۱۵۲۵/۲۶) میلی گرم بر شخص در روز بدست آمد. حد مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان فلز سنگین اندازه گیری شده در عضله از طریق فرمول شماره۲ که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا(EPA) پیشنهاد شده محاسبه گردید. شایان ذکر است وزن بدن برای یک فرد بالغ ۷۰ کیلوگرمی در نظر گرفته شد. میزان RFD یا مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده نیز برای سرب،کادمیوم و جیوه به ترتیب ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۱و ۰/۰۰۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم در روز لحاظ گردید. محاسبات نشان داد که حد مجاز مصرف روزانه عضله کفال پوزه باریک- *Liza saliens* به ترتیب برای عناصرسرب،کادمیوم و جیوه ؛۰/۵۹۱، ۳۸/۸۸۹ و ۰/۰۰۰ گرم در روز می باشد. ارزیابی خطر اساس شاخص خطر HQ طبق فرمول شماره۳ انجام گردید. شاخص خطر HQ به ترتیب برای سرب، کادمیوم و جیوه ۰/۱۶۰۷، ۱/۰۰۰)و۶/۴۲۰۰ به دست آمد.

بحث و نتیجه گیری

آلودگی محیط های آبی به فلزات سنگین به عنوان یک خطر جدی از مدت ها قبل شناسایی گردیده است. در دریا این آلاینده ها به طور بالقوه در موجودات دریایی تجمع می کنند و از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می شوند(۱۵). از آن جا که بافت عضله ماهی نقش مهمی در تغذیه انسان دارد و لزوم اطمینان از سلامت آن جهت مصرف از اهمیت خاصی برخوردار است، باید طی دوره های زمان بندی شده در تمام مناطق اکولوژیک مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق غلظت سه فلز سرب، کادمیوم و جیوه در بافت عضله کفال پوزه باریک[1] در سواحل مازندران از ۴ ایستگاه (تعاونی های پره در شهرهای رامسر، قایم شهر ، نکا و بهشهر) مورد بررسی قرار گرفت که از هر ایستگاه تعداد ۸ نمونه در اوزان بازاری به صورت تصادفی تهیه گردید .از میان سه عنصر مورد مطالعه بیشترین میزان تجمع فلزات سنگین مربوط به عنصر جیوه و سپس سرب بود و کادمیوم قابل جذب در تمام نمونه ها کمتر از حد تشخیص دستگاه بود. بنابراین در تمام نمونه ها فقط عدد حد تشخیص دستگاه (۰/۰۰۱۸) نشان داده شد که بسیار پایین تر از استانداردهای جهانی شاخص در این تحقیق بود.

اطمینان به صحت نتیجه آزمایشات در مورد فلز کادمیوم در این تحقیق را می توان در بررسی مطالعات دیگران در سواحل جنوبی دریای خزر جستجو کرد. شهریاری و همکاران(۱۳۸۹) در تحقیق خود که در سواحل دریای خزر انجام گردید دریافتند که میزان کادمیوم در عضله سه گونه از ماهیان کپور، کفال و سفید به طور معنی‌داری از مقدار مجاز استاندارد سازمان جهانی بهداشت کمتر بوده و از شرایط قابل قبول برای مصارف انسانی برخوردار می‌باشد. در تحقیق شهریاری و همکاران میانگین غلظت کادمیوم به ترتیب برای ماهیان کپور، کفال و سفید برابر با ۰/۰۱۴، ۰/۰۱۸ و ۰/۰۱۷ میلی گرم در کیلوگرم بود(۱۶).

هم چنین مشروفه و همکاران(۱۳۹۱) در تحقیقی که در حوضه جنوبی دریای خزر داشتند، مشاهده نمودند که میانگین غلظت کادمیوم از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان کشاورزی، شیلات و غذایی انگلستان(UKMAFF) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) پایین‌تر می‌باشد. در تحقیق مشروفه و همکاران میانگین غلظت کادمیوم به همراه انحراف معیار برابر ۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۶ میکروگرم برگرم (وزن خشک) درعضله ازون برون مشاهده شد(۱۷). بنابراین با استناد به تحقیقات دیگران و نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر می توان اذعان داشت که سواحل مرکزی خزر مشکلی از لحاظ آلوده بودن به کادمیوم ندارد.

در بررسی ارتباط بین فلزات سنگین سرب و جیوه با پارامترهای زیستی(طول چنگالی،طول کل و سن) در آزمون ANOVA ملاحظه گردید

1- Liza saliens

که بین غلظت فلزات سنگین (سرب و جیوه) با پارامترهای زیستی فوق اختلاف معنی داری وجود ندارد. بنابراین طول چنگالی، طول کل و سن در جذب سرب و جیوه در نمونه های آنالیز شده نقشی ندارند، به این علت که در هر سه آن ها عدد Sig>0.05 می باشد. در جدول شماره (۴) که به مقایسه پارامترهای زیستی ماهی در دو جنس نر و ماده پرداخته بود ملاحظه شد که ؛ پارامترهای طول چنگالی و طول کل در نرها بیشتر از ماده ها و پارامترهای وزن و سن در ماده ها نسبت به نرها به مقدار جزیی از رقم بالاتری برخوردار است.

برای اثبات یا رد فرضیه اول تحقیق حاضر در جدول شماره (۵) ملاحظه می گردد که میزان سرب در تحقیق حاضر(۲/۹۶ppm) بالاتر از حد مجاز استاندارد های سازمان بهداشت جهانی(WHO) و وزارت کشاورزی،شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) می باشد. ولی طبق استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) در حد مجاز می باشد و میزان جیوه (۴۴/۹۴ ppb) از هر سه استاندارد شاخص در این تحقیق بسیار بالاتر است. در نتیجه فرضیه اول تحقیق حاضر در مورد فلزات سرب و جیوه رد و در مورد فلز کادمیوم به اثبات می رسد.

جدول۵- مقایسه بین غلظت فلزات سنگین در تحقیق حاضر با میزان استاندارد فلزات سنگین در غذاهای دریایی

Table 5- Comparison between the concentrations of heavy metals in the study with the standard amount of heavy metals in seafood

استانداردها	جیوه ppb	کادمیوم ppm	سرب ppm	منابع
سازمان بهداشت جهانی(WHO)	۰/۵	۰/۲	۱/۵	(۱۸) و (۱۹)
سازمان غذا و داروی آمریکا(FDA)	۱	۱	۵	(۲۰) و (۲۱)
وزارت کشاورزی،شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF)	۱	۰/۲	۲	(۲۲) و (۲۳) و (۲۴)
(n=۳۲)	۴۴/۹۴	۰/۰۰۱۸	۲/۹۶	(تحقیق حاضر۱۳۹۲)

میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در بافت عضله دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون برون حوضه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۴ از مقادیر به دست آمده از سنجش فلزات مذکور در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک در سواحل مرکزی خزر (استان مازندران) کمتر می باشد. میانگین فلزات در بافت ماهیچه و خاویار تاسماهی ایرانی به ترتیب: سرب ۰/۶۱ و ۰/۱۱۱ و کادمیوم ۰/۰۶۱ و ۰/۰۰۵ میکروگرم در لیتر (وزن خشک) و جیوه ۰/۰۶و ۰/۰۰۷ میکروگرم در لیتر (وزن تر) و در بافت ماهیچه و خاویار نمونه های ماهیان ازون برون به ترتیب: سرب ۰/۴۸۱ و ۰/۱۱۲ ، کادمیوم ۰/۰۵۹ و ۰/۰۰۵ میکروگرم در لیتر (وزن خشک) و جیوه ۰/۰۵ و ۰/۰۰۸ میکروگرم در لیتر (وزن تر) بود(۲۵). در تحقیقی دیگر که در مورد غلظت سرب در آبزیان حوضه غربی دریای خزر (استان گیلان) انجام گرفته، میانگین غلظت سرب در عضلات ماهیان کاراس ۱/۰۴ ppmوزن خشک به دست آمده است (۲۶) که میزان سرب ماهی مورد مطالعه در تحقیق حاضر حدود دو برابر آن است. هم چنین میزان سرب در تحقیق حاضر از غلظت های بدست آمده سرب در تحقیق شهریاری و همکاران (۱۳۸۹) بالاتر می باشد.میانگین غلظت سرب در تحقیق شهریاری به ترتیب در عضله ماهیان کپور، کفال و سفید برابر۰/۲۴۲، ۰/۱۱۸ و ۰/۰۸ میلی گرم در کیلوگرم بود (۱۶). Ray (۱۹۷۸) نیز میانگین غلظت سرب در عضله ماهی آزاد اطلس رودخانه میرامی چی کانادا را ۶۷/۳۶ میلی گرم در کیلوگرم به دست آورده بود که این مقدار از نتایج حاصل از تحقیق حاضر در مورد عضله ماهی کفال پوزه باریک استان مازندران بسیار بالاتر می باشد (۲۷). در تحقیق خدابنده و همکاران (۱۳۷۹) در سواحل شرقی خزر (استان گلستان) میانگین غلظت فلزات کادمیوم و سرب در گاو ماهی سواحل جنوبی خزر از فریدون کنار تا نوشهر به ترتیب ۱/۶۹۴ ppm و ۳/۶۵ وزن خشک از غلظت کادمیوم و سرب در ماهی مورد مطالعه در تحقیق حاضر بالاتر است(۲۸).

از مقایسه نتایج تحقیق حاضر باتحقیقات سایرین درخصوص ماهیان سواحل استان گلستان(بخش شرقی دریای خزر) ، سواحل استان مازندران(بخش مرکزی دریای خزر) و گیلان(بخش غربی دریای خزر) استنباط می شود که نسبت غلظت فلزات سنگین در ماهی مورد مطالعه با ماهیان سواحل مذکور در نوسان است. علت تمام این تفاوت ها را می توان منابع آلاینده متفاوت در استان های گیلان، مازندران و گلستان از جمله ورود مقادیر متفاوت از فاضلاب های شهری،صنعتی و به ویژه کشاورزی (به دلیل کشت پراکنده برنج و تولید فاضلاب های آلوده به سموم و کودهای شیمیایی) از ساحل به دریا، تردد متفاوت و پراکنده نفتکش ها، کشتی های تجاری و قایق های تفریحی و هم چنین تفاوت ورود مواد آلی و معدنی به منابع آبی این مناطق دانست(۲۹).

از سوی دیگر نتایج حاصل از مقایسه میانگین غلظت فلز سرب اندازه گیری شده در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک با استانداردهای جهانی در ۴ ایستگاه در جدول شماره(۲) و در نمودارهای (۲) و (۳) و (۴) نشان داد که میانگین غلظت سرب در ایستگاه شماره۱(رامسر)، ۶/۵۱ میلی گرم در کیلوگرم(وزن خشک)، بالاتر(حداکثر) از هر سه استاندارد WHO-FDA-UKMAFF می باشد و ایستگاه شماره۲ (قایم شهر) نیز بالاتر از استاندارد های WHO,UKMAFF و ایستگاه شماره ۳ (نکا) فقط از استاندارد WHO بالاتر بود و میانگین غلظت سرب در ایستگاه شماره۴(بهشهر) ؛ ۰/۰۳ میلی گرم در کیلوگرم(وزن خشک) از هر سه استاندارد مورد نظر در این تحقیق پایین تر (حداقل) برآورد شد.

غلظت بالای سرب می تواند ناشی از ترکیبات نفتی، تردد، نشت و تخلیه آب توازن نفتکش ها، فاضلاب های صنعتی و شهری، کودهای شیمیایی و حیوانی، صنایع آبکاری و تجهیزات الکترونیکی، روغن های مستعمل و سوخته شناورها، صنایع غذایی و رها سازی سرب از رنگ بدنه کشتی ها و شناورها باشد. به طور کلی اگر چه روند زمین شناسی و آب و هوایی و عوامل طبیعی و نقش نیمه شمالی دریای خزر در این آلودگی ها انکار ناپذیر است، اما فعالیت های انسانی بیشترین آلودگی و تخریب را وارد می سازند که شامل شیرابه زباله ها و تخلیه فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی از ساحل به دریا می باشد(۲۹). علاوه بر این ها بالا بودن غلظت سرب می تواند ناشی از تمایل این فلز به تجمع در بافت های پرتحرک آبزیان نیز باشد(۳۰). فلز سمی سرب پس از ورود به زنجیره غذایی در محیط های آبی نه تنها موجب بروز اثرات نامطلوب رفتاری، ناهنجاری های تولید مثلی، کاهش بقا، میزان رشد و فعالیت های متابولیسمی آبزیان می شود، بلکه برای جوامع انسانی مصرف کننده فراورده های دریایی آلوده نیز مخاطره آمیز است. بروز مشکلات عصبی، آسیب های کلیوی، کاهش سنتز هموگلوبین و کم خونی از عوارض قرار گرفتن انسان در معرض آلودگی با سرب است(۳۱).

غلظت جیوه (۴۴/۹۴ ppb) اندازه گیری شده در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک در تحقیق حاضر بسیار بالاتر از مقادیر اندازه گیری شده جیوه در بافت عضله دو گونه تاسماهی ایرانی (Acipenser stellatus) و ازون برون (Acipenser persicous) در تحقیق صادقی راد و همکاران در سال ۱۳۸۴ (بندر آستارا تا بندر ترکمن) می باشد. میانگین غلظت جیوه در عضله تاسماهی ایرانی ۰/۰۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک و در ماهی ازون برون ۰/۰۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود(۲۵). فروغی و همکاران نیز در سال ۱۳۸۵ میانگین غلظت جیوه در عضله ماهی سفید (Rutilus frisii kutum) سواحل مرکزی دریای خزر(استان مازندران) را ppb ۸۴۹ وزن خشک گزارش کردند که حدود چندین برابر غلظت جیوه در تحقیق حاضر است(۳۲). نوذری و همکاران نیز در سال ۱۳۸۴ میانگین غلظت جیوه اندازه گیری شده در بافت عضله اردک ماهی (Lucius esox) در استان گیلان(تالاب انزلی) را ppb ۳۲۲ وزن خشک گزارش نمودند که غلظت جیوه در این تحقیق نیز حدود چندین برابر غلظت جیوه در تحقیق حاضر می باشد(۳۳).

درتحقیقی که به بررسی میزان جیوه وارزیابی خطر آن در ماهی انپلاژیک ازجمله شمشیرماهی((Swordfish (Xiphias gladius درپنج منطقه از سواحل غربی اقیانوس هند ازجمله مزامبیک، ماداگاسکار، فرانسه (جزیره رئونیون و نواحی ساحلی آن)، کوموروس و مائویتوس پرداخته شد بالاترین میزان جیوه (۱/۲۴میکروگرم برگرم وزن تر) درشمشیرماهیان مشاهده شد که بالاتر ازحد مجاز اعلام شده توسطFDA بود. هم چنین تخمین میزان جیوه ای که به طور روزانه جذب بدن مصرف کنندگان مناطق مذکور می شد، نشان داد که با توجه به میزان جیوه موجود در عضله ماهیان و هم چنین سرانه مصرف ساکنین مناطق مورد مطالعه، میزان جذب روزانه قابل تحمل جیوه در سه منطقه کوموروس، مائوریتوس و جزیره رئونیون، بالاتراز حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO) و در موزامبیکو ماداگاسکار بالاتر از حد استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) بود. بدین منظور حداکثر مجاز مصرف شمشیرماهی به صورت هفتگی تعیین شد و مصرف آن به یک وعده(۲۳۰گرم) درهفته سفارش شد(۳۴). همچنین نتایج حاصل از مقایسه غلظت جیوه اندازه گیری شده در بافت عضله ماهی کفال پوزه باریک در ۴ ایستگاه در جدول شماره(۲) و در نمودارهای (۵) و (۶)و (۷) نشان داد که ایستگاه های شماره (۱) (رامسر)، شماره (۲) (قائمشهر)،شماره (۳) (نکا) طبق استانداردهای WHO- FDA-UKMAFF آلوده به فلز سنگین جیوه می باشند.

از دیدگاه سلامت بشر، متیل جیوه نسبت به سایر اشکال شیمیایی جیوه از اهمیت زیادتری برخوردار است. متیل جیوه برخلاف اشکال عنصری و غیر آلی جیوه به طور کامل از مجرای معده ای- روده ای جذب و وارد جریان خون شده و در همه بافت ها توزیع می شود. هم چنین از سد خونی- مغزی عبور کرده و موجب آسیب به سیستم عصبی مرکزی و محیطی می شود. در زنان باردار نیز متیل جیوه با گذشتن از راه جفت به جنین می رسد و موجب آثار جبران ناپذیری در جنین در حال رشد می شود. بررسی ها نشان می دهد که غالب اثرات مزمن جیوه در مناطقی که مصرف بالای ماهی با میزان جیوه پایین دارند مشاهده می شود (۱۳).

سالانه حدود ۴۰۰ میلیون مترمکعب فاضلاب در شمال کشور تولید می‌شود که ۴۰ درصد از این فاضلاب‌ها به سختی تصفیه شده و ۶۰ درصد دیگر آن وارد خزر می‌شود. تنها جای بهداشتی سواحل خزر، سواحل استان گلستان است. اما وضع استان گیلان و به ویژه استان مازندران اسفبار می باشد(۳۵) که مقایسه تحقیق انجام شده با مطالعات و تحقیقات سایر محققان در سال های مختلف و بر روی گونه های مختلف کاملاً موید مطلب فوق می باشد. بنابراین در تحقیق حاضر که بر روی ماهی کفال پوزه باریک در سواحل استان مازندران انجام گردید مشخص شد که به طور کلی میزان آلودگی عناصر سنگین جیوه و سپس سرب بسیار قابل توجه و بیشتر از سطح استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) و وزارت کشاورزی،شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) برای آبزیان می باشد. این تجمع زیاد عناصر سنگین به طور قطع نشان دهنده آلودگی بسیار بالای آب دریای خزر به عناصر فوق می باشد.

غذا یکی از راه های بسیار مهم و عمده در جذب آلودگی در انسان می باشد ولی از آنجا که بر خلاف هوا و یا آب در جوامع مختلف و یا حتی شهرها یکسان نیست (به علت سلیقه ی متفاوت در افراد) بنابراین میزان جذب آن تابعی از نحوه تغذیه می باشد (۱۳). در ایران که از نظر وسعت بسیار گسترده و از نظر عادات غذایی بسیار متفاوت است، طبیعی است ارائه یک الگوی مشخص برای میزان استاندارد در مواد غذایی امکان پذیر نبوده و اصولا نمی تواند از اعتبار لازم برخوردار باشد. به همین جهت در اغلب کشورهای جهان تفاوت هایی در تعیین میزان استاندارد آلاینده ها در مواد غذایی وجود دارد که عمدتاً ناشی از عادات غذایی و همچنین ویژگی های خاص مرتبط با اقلیم، صنعت و کشاورزی است. این پارامترها الزاماً منجر به تفاوت هایی در تعیین

استاندارد شده است که حتی با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی نیز متفاوت است. در رابطه با فرآورده های دریایی و آبزیان این تفاوت چشمگیرتر است زیرا میزان مصرف ماهی در استان های مختلف بسیار متفاوت می باشد و به همین جهت نمی توان یک الگوی واحد برای کل جامعه در نظر گرفت بنابراین معیار استاندارد با توجه به پارامترهایی نظیر مصرف سرانه، سمیت مواد، ویژگی های مصرف کننده (زن، مرد، کودک، سالمندان، زنان باردار، بیماران) و پتانسیل جذب باید تعیین گردد. سرانه مصرف ماهی در ایران علیرغم پایین بودن نسبی آن در مقایسه با میانگین جهانی از دامنه ی نوسان زیادی در سطح کشور برخوردار است. به طوری که در استان های ساحلی شمال و جنوب کشور در خانواده هایی که شغل آنان ماهیگیری است، مصرف بالاتر از سرانه جهانی و در برخی از استان ها و یا شهرها به یک بار مصرف و یا حتی کمتر از آن در سال نیز ممکن است برسد(۱۲).

برای اثبات یا رد فرضیه سوم تحقیق حاضر به مقایسه جدول شماره (۶) که نتایج ارزیابی خطر ناشی از مصرف ماهی کفال پوزه باریک-Liza saliens در سواحل مازندران است و توسط فرمول های ۱ و ۲ و ۳ برآورد گردیده است، با جدول شماره (۵) که استاندارد فلزات سنگین در غذاهای دریایی می باشد می پردازیم. از این مقایسه استنباط می شود که هر یک از فلزات مورد مطالعه(سرب،کادمیوم و جیوه) که میزان غلظت آن از استانداردهای شاخص در این تحقیق (WHO-FDA-UKMAFF) بالاتر شده است جذب روزانه(DI) آن نیز از حد مجاز تعیین شده توسط EPA بالاتر می باشد. EPA حد مجاز میزان جذب روزانه (PTDI)[1] سرب، کادمیوم و جیوه را به ترتیب ۰/۰۰۱ ،۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ mg/kg وزن بدن اعلام کرده است (۱۴).که برابر با ۰/۰۲۵ ،۱ ،۲۵ µg/kg می باشد. بنابراین طبق فرضیه سوم این تحقیق نتیجه می گیریم که بین غلظت فلز در بدن ماهی و میزان جذب روزانه توسط انسان ارتباط مستقیم وجود دارد.

1- Provisional Tolerable Daily Intake

جدول۶- نتایج ارزیابی خطر مصرف ماهی کفال پوزه باریک درسواحل استان مازندران(تحقیق حاضر ۱۳۹۲)

Table 6- Results of the risk assessment of consumption Liza saliens in Mazandaradn coast

محل	گونه	متغیر	غلظت فلز در عضله ماهی (ppm, ppb)	جذب روزانه فلز از طریق مصرف ماهی (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)	حد مجاز مصرف روزانه ماهی (گرم بر شخص در روز)	شاخص خطر (واحد ندارد)
سواحل مرکزی خزر	ماهی کفال پوزه باریک	سرب	۲/۹۶	۱۰۰/۴۶	۰/۵۹۱	۰/۱۶۰۷
		کادمیوم	۰/۰۰۱۸	۰/۰۶	۳۸/۸۸۹	۱/۰۰۰
		جیوه	۴۴/۹۴	۱۵۲۵/۲۶	۰/۰۰۰	۶/۴۲۰۰

در مطالعه حاضر برآورد جذب روزانه، حد مجاز مصرف روزانه وشاخص خطر فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه ناشی از مصرف ماهی کفال پوزه باریک در سواحل استان مازندران انجام گرفت. نتایجتحقیقحاضرنشانداد اگر چه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و جیوه در ماهی مورد مطالعه بیشتر از حد استانداردهای بین المللی شاخص در این تحقیق بود و میانگین غلظت کادمیوم نیز کمتر از حد تشخیص دستگاه برآورده شد، اما عدد شاخص ریسک در محاسبه برای سرب کمتر از یک به دست آمد که از لحاظ خطر پذیری، خطری برای مصرف کنندگان نخواهد داشت و برای کادمیوم عدد یک شد که مصرف کنندگان خود را در مرز خطر قرار می دهد، اما به دلیل خاصیت تجمع پذیری کادمیوم در بدن، در مورد مصرف تعداد وعده های یاد شده برای گروه های حساس به ویژه زنان باردار و کودکان که حساسیت بیش‌تری دارند (۱۲). باید پاره ای از ملاحظات رعایت شود. اگر شاخص خطر جیوه بیش‌تر از یک باشد نشان می دهد در صورتی که نتیجه حاصل شده بیشتر از یک باشد (به بیان دیگر میزان جذب روزانه بیشتر از دوز مرجع باشد) مصرف آبزی اثر حاد و مضری بر روی سلامتی مصرف کنندگان از جمله انسان دارد (۱۳). مصرف ماهی کفال پوزه باریک سواحل مازندران نیز خطراتی را برای مصرف کنندگان خود خواهد داشت. لذا فرضیه دوم تحقیق(مصرف ماهی کفال پوزه باریک سواحل مازندران مجاز می باشد) نیز در اینجا رد می گردد. در نتیجه میزان مجاز مصرف برای حفظ سلامتی از لحاظ سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۵۹۱ و ۳۸/۸۸۹ گرم در روز و ۴/۱۷۹ و ۲۷۲/۲۲۳ گرم در هفته توصیه می شود اما میزان مجاز مصرف برای جیوه از لحاظ حفظ سلامتی صفر می باشد و برای مصرف در این خصوص توصیه نمی گردد.

پیشنهادات

اگر چه نمی توان مرز مشخصی برای این آلاینده ها بر روی زنان و مردان مشخص نمود، لیکن کودکان، به علت ظرافت اندام، حساسیت بیش‌تر، کوچکی حجم بدن و قرار داشتن در دوران رشد و نمو، زنان به دلیل دارا بودن نقش تولید کننده، زاینده، انتقال دهنده و پرورش دهنده نسل و سالمندان به خاطر افزایش سن، تضعیف قوای سیستم ایمنی و تحلیل رفتن بافت ها آسیب پذیر تر تلقی می شوند وانگیزه کافی برای انجام تحقیقات و دستیابی به اطلاعات بیشتر را ایجاد می کنند (۳۶). بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق و پی بردن به وجود آلودگی در منطقه و با توجه به این‌که هدف اصلی انجام هر پژوهش و تحقیقی در نهایت ارایه راهکارها و پیشنهادات در جهت بهبود شرایط و وضع موجود است، لذا توصیه می گردد که متصدیان سلامتی در ایران از قبیل وزارت بهداشت و دیگر سازمان ها و موسسات مرتبط بررسی های جامعی شامل شناسایی و سنجش کلیه منابع آلوده کننده بر روی ماهیان پرمصرف و تجاری انجام داده و هم چنین آزمایش های کنترل کیفی را در نمونه های صید شده انجام دهند. از طرفی، در زمینه برآورد میزان خطر ناشی از مصرف در گروه های مختلف مصرف کنندگان بالاخص مصرف کنندگان حساس و آسیب پذیر مانند زنان باردار، کودکان، سالمندان و بیماران بررسی جامع صورت پذیرد. در نهایت پیشنهاد می گردد نیازهای پژوهشی توسط اساتید دانشگاه در پژوهشکده هابه دقت و با برنامه ریزی مشخص شناسایی شده و به دانشجویان جویای پروژه معرفی شده و حمایت و همکاری های لازم با آن ها صورت پذیرد.

منابع

۱- امینی رنجبر. غلامرضا و علیزاده. مهدی، ۱۳۷۸، اندازه گیری مقادیر فلزات سنگین (cr,zn,cu,pb,cd) در سه گونه از کپور ماهیان پرورشی، پژوهش و سازندگی، شماره ۴۰ و۴۱و۴۲.

2- http://drkasraie.blogfa.com. 2013(بانک اطلاعاتی (ماهیان ایران

3- http://fishbase.ir. 2013)(پایگاه خبر تحلیلی شبکه نیوز

۴- کریم. گیتی، کیایی. سیدمحمدمهدی، رکنی. نوردهر، رضوی روحانی. سیدمهدی و مطلبی. عباسعلی، ۱۳۹۱، وضعیت آلودگی مواد غذایی با منشا دامی و آبزیان به فلزات سنگین در کشور، مجله علوم و صنایع غذایی، شماره ۳۴، دوره نهم.

۵- دبیری. مینو، ۱۳۸۵، آلودگی محیط زیست (هوا-آب-خاک-صوت)، ویرایش جدید، نشر اتحاد.

۶- دریانبرد. غلامرضا، ۱۳۹۳، گزارش پروژه پراکنش جغرافیائی ماهیان استخوانی تجاری در آبهای ایرانی دریای خزر، مؤسسه تحقیقاتی علوم شیلاتی کشور.

7- Moopam 1999, Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Methods.
8- APHA 2005, American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association.
9- Siapatis, A., Giannoulaki, M., Valavanis, V. D., Palialexis, A., Schismenou, E., Machias A. and Somarakis, S. 2008, Modelling potential habitat of the invasive ctenophore Mnemiopsis leidyi in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612:281–295.
10- http://khabar.pichak.net. 2013(خبرگزاری فارس)

۱۱- پیرزاده. مهناز، افیونی. مجید و خوش گفتار منش. امیرحسین، ۱۳۹۱، وضعیت روی و کادمیوم در خاک های شالیزاری و برنج استان های اصفهان، فارس و خوزستان و تاثیر آن ها بر امنیت غذایی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،علوم آب و خاک، سال شانزدهم، شماره ۶۰.

۱۲- چراغی. میترا، اسپرغم. امید و نوریایی. محمدحسین، ۱۳۹۱، ارزیابی خطر کادمیوم ناشی از مصرف ماهی شیربت (Barbus grypus) رودخانه اروند، فصل نامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال چهارم، شماره ۱۳.

۱۳- حسینی. سیدمهدی، میرغفاری. نوراله، محبوبی صوفیانی. نصراله و حسینی. سید ولی، ۱۳۹۰ ، ارزیابی خطر جیوه ناشی از مصرف ماهی سفید دریای خزر (Rutilus frisii kutum) در استان مازندران، نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۴ ، شماره۳.

14- EPA 2005. Risk-Based Concentration Table, April, 2005. U.S. EPA, Region 3, Philadelphia, EPA

۱۵- شریف فاضلی. محمد، ابطحی. بهروز و صباغ کاشانی. آذر، ۱۳۸۴ ، سنجش تجمع فلزات سنگین سرب-نیکل و روی در بافت های ماهی کفال طلایی (Liza auratus) سواحل جنوبی دریای خزر، مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره۱.

۱۶- شهریاری. علی، گل فیروزی. کلثوم و نوشین. شاهین، ۱۳۸۹، میزان تجمع کادمیوم و سرب در بافت عضلانی سه گونه از ماهیان دریایی کپور، کفال و ماهی سفید سواحل دریای خزر در حوضه خلیج گرگان در سال ۸۶ – ۱۳۸۵، مجله علمی شیلات ایران، سال۱۹، شماره۲.

۱۷- مشروفه. عبدالرضا، ریاحی بختیاری. علیرضا و پورکاظمی. محمد، ۱۳۹۱، بررسی میزان فلزات کادمیوم، نیکل، وانادیوم و روی در بافت های مختلف فیل ماهی و ازون برون و خطر ناشی از مصرف بافت عضلانی آن ها مربوط به حوضه جنوبی دریای خزر، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره۲۲، شماره ۹۶.

18- Biney, C. A. and Ameyibor, E. 1992, 'Trace metal concentrations in the pink shrimp Penaeus notialis, from the coast of Ghana' , Water, Air Soil Pollution, 63(3-4): 273-279
19- Madany, I. M., Wahab, A. A. A. and Al-Alawi, Z. 1996, Trace metals concentrations in marine organisms from the coastal areas of Bahrain, Arabian Gulf', Water, Air Soil Pollution, 91: 233-248.
20- Ruelle, R. and Henry, C. 1994, Life history observation and contaminant evalation of pallid sturgeon. Final report. U.S. Fish and Wildlife service Region 6. Contaminants program.
21- Chen Y.C. and Chen M.H. 2001, Heavy metal concentration in nine species of fishes caught in coastal water off Ann-Ping. S.W. Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis, 9:107-114.
22- Merian, E. 1991, Metals and Their Compounds in the Environment Occurrence, Analysis and Biological Relevance. VCH, Weinheim.
23- Radojevic, M. and Bashkin, V. N. 1999. Practical Environmental Analysis. The Royal Society of Chemistry, U.K., 466.
24- MAFF 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminant in the aquatic environment and activities regulating the disposal of water at sea, 1993. Directorate of Fisheries Research, Lowesttoft.

۲۵- صادقی راد. مرجان، امینی رنجبر. غلامرضا، ارشد. عما و جوشیده. هاشم، ۱۳۸۴ ، مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی،مس،کادمیوم،سرب،جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی(Acipenser persicus) و ازون برون (Acipenser stellatus) در حوضه جنوبی دریای خزر، فصل نامه علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، شماره۳.

۲۶- میرسنجری. میرمهرداد، غلامی. زهرا و نگهبان. معصومه، ۱۳۸۰، بررسی اثرات آلودگی فلزات سنگین(جیوه وسرب) بر روی آبزیان دریای مازندارن،چهارمین همایش ملی بهداشت محیط.

27- Ray D., Banerjee S.K. and Chatterjee M., 1990, Bioaccumulation of Nickle and Vanadium in tissues of the cat fish (Clarias batrachus). Journal of Inorganic Biochemistry, 36(3):169-173.

۲۸- خدابنده. ص، طلایی. ر و قیومی. ر، ۱۳۷۹، تجمع فلزات سنگین در رسوبات و آبزیان دریای خزر، مجله آب و فاضلاب، شماره ۳۹.

۲۹- الصاق. اکبر، ۱۳۸۹، تعیین برخی فلزات سنگین و عضله ماهی سفید (Rutilus frisii kutum) و کپور معمولی (Cyprinus carpio) در جنوب مرکزی دریای خزر، نشریه دامپزشکی، شماره ۸۹ .

۳۰- دادالهی سهراب. علی، نبوی. سیدمحمدباقر و خیرور. ندا، ۱۳۸۷، ارتباط برخی مشخصات زیست سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (Barbus grypus) در رودخانه اروندرود، مجله علمی شیلات ایران، سال هفدهم، شماره۴.

۳۱- یعقوب زاده. یونس، حسین نژاد. مریم، اسدی شیرین. گلنار و پورعلی. محدثه، ۱۳۹۲، بررسی غلظت سرب در ماهی سفید(Rutilus frisii kutum) سواحل دریای خزر(بندر انزلی و رودسر)، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره بیست و سوم، شماره ۱۱۰.

۳۲- فروغی. رقیه، اسماعیل ساری. عباس و قاسم پوری. سیدمحمود، ۱۳۸۵، مقایسه همبستگی طول و وزن با تراکم جیوه در اندام های مختلف ماهی سفید سواحل مرکزی خزر جنوبی، مجله علمی شیلات ایران، شماره۴.

۳۳- نوذری. م، ۱۳۸۳، اندازه گیری و مقایسه غلظت جیوه در اندام های مختلف اردک ماهی (Lucius esox) در تالاب انزلی، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس.

34- Kojadinovic, J., M. Potier, M. L. Corre, R. P. Cosson and P. Bustamante. 2006, Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean. Science of the Total Environment. 366: 688–700.

35- http://www.khabar.pichak.net. 2013 (پایگاه خبری پیچک نت)

جلالی جعفری. بهیار و آقازاده مشگی. مهزاد، ۱۳۸۵، مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی، انتشارات مان کتاب، چاپ اول.