بررسی تجمع غلظت فلزات سنگین (سرب،کادمیوم و جیوه) در عضله ماهی گوازیم دم‌رشته‌ای (*Nemipterus japonicus*) و ارزیابی ریسک ناشی از مصرف آن (مطالعه موردی: آب‌های شمال‌غرب خلیج فارس)

- **طاهره خندانی‌شراهی:** گروه زیست شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات، تهران، ایران، صندوق پستی: ١٤٥١٥-٧٧٥
- **لعبت تقوی*:** دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات، تهران، ایران، صندوق پستی: ١٤٥١٥-٧٧٥
- **تورج ولی‌نسب:** موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، صندوق پستی: ٦١١٦- ١٤١٥٥
- **خسرو آیین‌جمشید:** پژوهشکده میگو کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، صندوق پستی: ١٣٧٤

تاریخ دریافت: آذر ١٣٩٥ تاریخ پذیرش: اسفند ١٣٩٥

چکیده

این مطالعه به بررسی غلظت سه فلز سرب، کادمیوم و جیوه در بافت عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای(*Nemipterus japonicus*) در آب‌های شمال‌غرب خلیج فارس به‌همراه برآورد ریسک ناشی از مصرف عضله این ماهی برای انسان می‌پردازد. فلزات مورد نظر در نمونه‌های تهیه شده (٣٠ نمونه) پس از آماده‌سازی و انجام فرآیندهای استخراج و هضم، با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز اندازه‌گیری گردیدند. نتایج نشان داد میانگین غلظت (±SD) در بافت عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای مربوط به فلزات سرب و جیوه به‌ترتیب ٢/٠٠±٠/٢٤٦ ، ١/٠٢±٠/٠٢٦، میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. بالاترین غلظت فلزات سنگین سرب و جیوه در عضله گونه مورد مطالعه به‌ترتیب ٢/٤٠ و ١/٠٩ و پایین‌ترین غلظت به‌ترتیب ١/٥٥ و ١/٠٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک به‌دست آمد و کادمیم قابل جذب در تمام نمونه‌ها کم‌تر از حد تشخیص دستگاه بود. فاکتورهای جذب روزانه (DI) برای عناصرسرب،کادمیم وجیوه به‌ترتیب ٤٦/٥٦، ١/٦٢ و ٢٣/٧٤ میلی‌گرم بر شخص در روز و شاخص ریسک (HQ) به‌ترتیب ١، ١ و ٠/٨٧٤ به‌دست آمدند. مقایسه با استانداردهای شاخص نشان می‌دهد که مقدار سرب در عضله گوازیم دم رشته‌ای بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و برابر با سازمان وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) می‌باشد ولی از نظر استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) در حد مجاز بوده و مقدار جیوه از هر سه استاندارد شاخص در این تحقیق بالاتر بود. با توجه به عدد شاخص ریسک (HQ)، مصرف ماهی گوازیم دم رشته‌ای در این منطقه از لحاظ سرب،کادمیم و جیوه خطری برای مصرف کنندگان نخواهد داشت. غلظت عناصر سرب و جیوه در دو جنس نر و ماده در ماهی گوازیم دم رشته‌ای با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (p>٠/٠٥)، ولی در مقدار غلظت کادمیوم در جنس‌های نر و ماده اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p<٠/٠٥). علاوه بر این بین غلظت جیوه در عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای با اندازه (طول کل و طول چنگالی) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p>٠/٠٥) و بین مقدار غلظت فلز کادمیم با اندازه (طول کل و طول چنگالی) اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p<٠/٠٥)، برای فلز سرب نیز بین مقدار غلظت فلز و اندازه طول چنگالی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (p>٠/٠٥)، اما بین غلظت فلز و طول چنگالی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p<٠/٠٥).

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، گوازیم دم رشته ای ، جذب روزانه، شاخص ریسک، خلیج فارس

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Taghavi_Lobat@yahoo.com

مقدمه

استفاده از منابع خوراکی دریایی به‌ویژه ماهیان به‌عنوان بخشی از منابع پروتئینی، به‌علت افزایش جمعیت و نیاز روز افزون انسان به غذا، افزایش یافته است (امینی و همکاران، ۱۳۷۸). پژوهش‌هایی که در زمینه آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی انجام می‌شوند از دیدگاه سلامت انسان و بهداشت عمومی بسیار مهم هستند. از طرفی در این پژوهش‌ها حفظ حالت توازن اکوسیستم‌های آبی به‌عنوان هدف ثانویه مدنظر است. به‌دنبال انتقال آلاینده‌های ذکر شده به محیط‌های دریایی این احتمال به‌وجود می‌آید که ماهی مقادیری از برخی فلزات سنگین را از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب نماید (امینی و همکاران، ۱۳۸۴). مقادیر برخی فلزات مانند مس، روی، آهن و... در غلظت‌های پایین برای متابولیسم آبزیان ضروری هستند، درحالی‌که نقش بیولوژیک برخی از آن‌ها مانند جیوه،کادمیوم و سرب هنوز شناخته نشده است و این فلزات حتی در غلظت‌های پایین نیز برای موجودات زنده سمی هستند (Atli و Canli، ۲۰۰۳). جیوه فلزی خطرناک است که در دهه‌های اخیر نگرانی حاصل از آلودگی زیست محیطی آن درسراسر دنیا بحث‌های زیادی را موجب شده است (Xiaojie و همکاران، ۲۰۰۸). سرب یکی از چهار فلزی است که بیش‌ترین عوارض را روی سلامتی انسان دارد(Berlin، ۱۹۸۵). هم‌چنین اثرات سمیت کادمیم در بدن انسان نیز باعث شده است که در سال‌های اخیر محققین در کشورهای مختلف، مطالعات بسیاری را در مورد این عنصر انجام دهند. به‌دنبال انتقال آلاینده‌های ذکر شده به محیط‌های دریایی ممکن است مقداری از برخی فلزات سنگین از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب توسط ماهی جذب شود (امینی رنجبر و همکاران،۱۳۸۴). سن، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای، نیازهای اکولوژیک، غلظت فلزات سنگین درآب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، برخی خواص شیمیایی آب (شوری، سختی، دما) عوامل موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می باشند (Demirak و همکاران، ۲۰۰۶). آلاینده‌های آلی و معدنی از جمله عناصر سنگین پس از تجمع در بدن آبزیان و در جریان چرخه‌های زیستی به سطوح غذایی بالاتر و در نهایت به انسان منتقل می‌شوند. فلزات سنگین به‌علت اثرات سمی، توان تجمع زیستی در گونه‌های مختلف آبزیان و به‌دلیل وارد شدن به زنجیره‌های غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد(Filazi و همکاران، ۲۰۰۳). در زمینه اندازه‌گیری فلزات سنگین در ماهیان خلیج‌فارس، دریای‌عمان و دریای خزر مطالعات زیادی صورت گرفته است، که از میان آن‌ها می‌توان به تحقیقات صباغ‌کاشانی(۱۳۸۰)، در عضله، کبد، کلیه، آبشش و تخمدان ماهی کفال دریای خزر، مطالعه شریف‌فاضلی و همکاران (۱۳۸۴)، در بافت‌های کبد، آبشش، کلیه، تخمدان و عضله ماهی کفال اوراتوس دریای خزر، مطالعه امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا (۱۳۸۴)، در عضله ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) و صادقی‌راد و همکاران (۱۳۸۴)، در بافت عضله و خاویار دوگونه از تاس‌ماهیان دریای خزر اشاره کرد. هم‌چنین Pourang و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی بافت خوراکی پنج گونه تاس ماهی حوزه جنوبی دریای خزر، Agusa و همکاران(۲۰۰۴)، به بررسی بافت عضله پنج گونه از ماهیان خاویاری کشورهای مختلف دریای خزر، Anan و همکاران(۲۰۰۵)،به‌بررسی بافت ماهیان استخوانی مناطق مختلف کشورهای حاشیه دریای خزر، هم‌چنین Sabry و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در عضلات خوراکی ۳ گونه ماهی تجاری شانک راه‌راه، شانک سیاه و شهری معمولی و ارزیابی خطرات احتمالی مرتبط با مصرف انسانی در عربستان سعودی پرداختند. Silva و همکاران (۲۰۱۵) فلزات سنگین از جمله کادمیم، کروم، سرب و آلاینده‌های شیمیایی در بافت‌های عضلانی سیزده گونه ماهی را مورد ارزیابی قرار دادند نتایج آن‌ها شواهدی از آلودگی کادمیم یا سرب را در دوره زمانی مورد مطالعه نشان داد. Esteban و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی فلزات سنگین و عناصر کمیاب در عضله ماهی سیلور (*Odontesthes bonariensis*) در آب‌های آرژانتین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که جمعیت کثیری از ماهیان آلوده به جیوه بودند. آقای ریاحی‌خرم و همکاران (۲۰۱۵) فلزات سنگین سرب و کادمیوم را در بافت قزل‌آلای رنگین‌کمان را در مزارع پرورش ماهی آب‌های سرد همدان را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که غلظت فلزات در محدوده استانداردهای تعیین شده است و مصرف گوشت قزل‌آلای رنگین‌کمان برای انسان بی‌خطر است.

در پژوهش حاضر، ماهی گوازیم دم رشته‌ای (*Nemipterus japonicus*) یکی ازگونه‌های مهم‌تجاری‌ماهیان درآب‌های‌خلیج فارس و دریای‌عمان می‌باشد. این‌ماهی‌برای مصرف انسانی از گوشت مطلوبی برخوردار است و درصد قابل ملاحظه‌ای از ترکیب صید ترال کف را تشکیل می‌دهد. به‌طوری‌که در ۱۵-۱۰ سال اخیر میزان ذخایر آن افزایش چشمگیری داشته است (ولی‌نسب، ۱۳۹۲). هدف اصلی این مطالعه تعیین و اندازه‌گیری تجمع سه فلز سنگین سرب، کادمیوم و جیوه در عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای در آب‌های شمال‌غرب خلیج فارس و برآورد ریسک ناشی از مصرف آن است.

مواد و روش‌ها

با توجه به اهمیت خوراکی ماهی گوازیم، اندازه‌گیری و سنجش و بررسی انواع آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین که از میان آن‌ها در این تحقیق سه فلز سنگین (سرب، کادمیم و جیوه) که بیش‌ترین

فراوانی را در سیستم‌های آبی دارا می‌باشند از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد (دبیری، ۱۳۸۵). به‌همین منظور تعیین میزان غلظت فلزات سنگین و برآورد سیبل خطر بالاخص در بافت خوراکی آن و هم‌چنین مقایسه با مطالعات اخیر و استانداردهای جهانی حائز اهمیت می‌باشد. در این مطالعه تعداد ۳۰ عدد ماهی از آب‌های استان بوشهر، شمال خلیج فارس به‌صورت تصادفی (۱۳عدد نر و ۱۷عدد ماده) در سال ۱۳۹۴ تهیه گردید.

آماده‌سازی نمونه‌ها: نمونه‌ها پس از جمع‌آوری درون جعبه‌های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه آلاینده‌ها در پژوهشکده میگوی بوشهر منتقل شدند. نمونه‌ها در آزمایشگاه پس از قرار دادن درون کیسه‌های پلاستیکی استریل مجزا، کدگذاری شدند. سپس با استفاده از تخته زیست‌سنجی طول کل و طول چنگالی برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و با ترازوی دیجیتال در حد گرم توزین شدند و از ناحیه سر شکاف داده شده و تعیین سن گردیدند (Moopam، ۱۹۹۹). پس از زیست سنجی از عضله ماهی با تیغه اسکالپل نمونه‌برداری صورت گرفت و بعد آن‌ها را درون دستگاه فریز درایر جهت خشک شدن قرار داده شد.

هضم نمونه‌ها و آنالیز دستگاهی جهت تعیین میزان فلزات سنگین: نمونه‌های ماهی به‌روش فریز درایر خشک و سپس جهت مراحل هضم به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری سرب و کادمیم، از هر نمونه آماده‌سازی شده به‌مقدار ۰/۳ گرم توزین و درون ویال ریخته و با افزودن ۴ سی‌سی نیتریک اسید به‌مدت یک‌ساعت در دمای آزمایشگاه رها شده، سپس درون هات پلیت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ ساعت عمل هضم انجام گردید. برای اندازه‌گیری جیوه، مقدار ۰/۳ گرم نمونه خشک شده توزین و درون ویال ریخته، سپس ۴۵میلی‌گرم(۰/۰۴۵گرم)اکسید وانادیم (V_2O_5) افزوده گردید. در ادامه ۵سی‌سی‌نیتریک‌اسیداضافه و به‌مدت یک شب در دمای اتاق قرار داده‌شد و سپس برای عمل هضم‌در دمای۹۰ درجه‌سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت درون هات پلیت قرار گرفت. آن‌گاه پس از خنک شدن نمونه با افزودن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر دی کرومات پتاسیم (۲ درصد) به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (Moopam، ۱۹۹۹). تمامی فلزات با دستگاه جذب اتمی مدل Thermo,Electron Corporation AA Serio System بالامپ زمینه دوتریم آنالیز گردیدند. فلزات Cd,Pb با کوره گرافیتی و جیوه Hg با بخارات سرد اتمی (Cold Vapour) تعیین غلظت گردید (APHA، ۲۰۰۵).

روش آنالیز آماری: در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیر مستقل (نمونه‌ها) و متغیر وابسته (کلیه پارامترهای زیستی و فلزات سنگین مورد مطالعه) درنظر گرفته شدند. پس از زیست‌سنجی، میانگین سه فلز (Pb,Cd,Hg) با استانداردهای جهانی(FDA،WHO، UKMAFF) مقایسه گردیدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS (Version۱۵) انجام و با آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) و کولموگراف-اسمیرنف (Kolmogorov-Smirnov)ورسم‌نمودار Q-Q نرمال بودن (Sig>۰/۰۵) آن تایید شد. میانگین نمونه‌ها به کمک آزمون آماری با یکدیگر مقایسه شد تا وجود و عدم وجود اختلاف معنی‌دار تعیین گردد (Siapatis و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتریک (ANOVA, T-test) استفاده گردید. برای ثبت اطلاعات و کلاسه‌بندی داده‌ها نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفت.

روش محاسبه برآورد ریسک ناشی از مصرف: میزان خطر پذیری (ریسک) ناشی از مصرف ماهی گوازیم دم رشته‌ای توسط فرمول‌های (۱) و (۲) و (۳) به‌شرح ذیل محاسبه گردید:

فرمول شماره (۱): میزان جذب فلز سنگین در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میلی‌گرم بر شخص در روز) را نشان می‌دهد.

$$DI=F_{IR}C$$

DI= میزان جذب فلز سنگین در بدن در روز از طریق مصرف ماهی (میلی‌گرم بر شخص در روز)، F_{IR}= میزان مصرف ماهی در منطقه مورد مطالعه (گرم بر شخص در روز)، C= میانگین غلظت فلز سنگین در ماهی (میلی‌گرم 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 (گوازیم دم رشته ای *Nemipterus japonicus*) و سرانه مصرف ماهی درکشور به‌ازای هر نفر ۸/۵کیلوگرم در سال می‌باشد محاسبه می‌نماید. با کمک این فرمول می‌توان با توجه به غلظت آلاینده در ماهی یا فرآورده‌های دریایی با کاهش میزان مصرف آن تعداد ورود و جذب ماده آلاینده به بدن را تا حد استاندارد یعنی مقداری که هیچ‌گونه اثر منفی قابل مشاهده‌ای نداشته باشدکاهش داد. هم‌چنین با کمک این فرمول میزان جذب روزانه و هفتگی قابل قبول آلاینده یا میزان تماس روزانه انسان با آلاینده به‌دلیل مصرف ماهیان آلوده را می‌توان محاسبه کرد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

فرمول شماره (۲): حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم در روز) را نشان می‌دهد.

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

CRlim= حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم در روز)، RFD= دوز مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، BW= وزن بدن(۷۰کیلوگرم برای یک فرد بالغ)، CM= میزان فلز سنگین در ماهی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

میزان مجاز مصرف روزانه ماهی(CRlim) با توجه به مقدار فلز سنگین اندازه‌گیری شده در عضله ماهی، از طریق این فرمول که توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا پیشنهاد شده محاسبه می‌گردد (حسینی و همکاران،۱۳۹۰). میزان RFD (Reference dose) یا دوز مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده برای سرب،کادمیوم و جیوه به‌ترتیب ۰/۰۲۵، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می باشد (US Agency، ۱۹۹۹).

فرمول شماره ۳: شاخص ریسک

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

HQ= شاخص ریسک (بدون واحد)، MTCC= میانگین غلظت آلاینده اندازه‌گیری شده در ماهی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، CR= حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم در روز)، BW= وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)، RFD= دوز مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

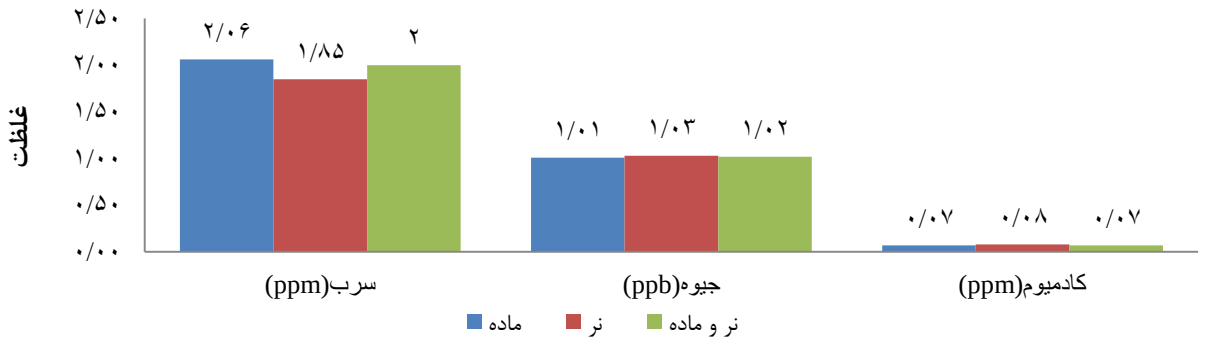
ارزیابی خطر برای سلامت، طبق فرمول ارائه شده براساس شاخص خطر HQ بیان می‌شود. شاخص ریسک HQ عبارت است از نسبت دوز تعیین شده آلاینده (میانگین غلظت آلاینده اندازه‌گیری شده در نمونه) به سطح دوز مرجع(RFD) آلاینده اگر این نسبت کم‌تر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که مصرف ماهی اثر مضری برای سلامتی مصرف‌کننده نخواهد داشت (حسینی و همکاران،۱۳۹۰).

نتایج

جدول ۱ و شکل ۱ نتایج حاصل از مقایسه میانگین متغیرهای مورد مطالعه اندازه‌گیری شده در ماهی گوازیم دم رشته‌ای در شمال غرب خلیج‌فارس‌را نشان‌می‌دهند. در شکل ۱ حداقل±حداکثر میانگین غلظت سرب ۱/۸۵±۲/۰۶ (پی‌پی‌ام) و جیوه۱/۰۱±۱/۰۳ (پی‌پی‌بی) می‌باشد هم‌چنین ملاحظه گردید که میزان کادمیم در تمام نمونه‌ها از عدد حد تشخیص دستگاه (۰/۱) پایین‌تر می‌باشد.

جدول۱: مقایسه میانگین متغیرهای مورد مطالعه در ماهی گوازیم دم رشته‌ای

نمونه	متغیر تعداد	طول چنگالی FL (سانتی‌متر)	طول کل TL (سانتی‌متر)	وزن کل W (گرم)	سرب Pb (پی پی ام)	کادمیوم Cd (پی پی ام)	جیوه Hg (پی پی بی)
ماده	۱۷	۱۹/۴	۲۱/۵	۱۵۲/۲	۲/۰۶	۰/۰۷	۱/۰۱
نر	۱۳	۱۸/۸	۲۰/۷	۱۲۷/۴	۱/۸۵	۰/۰۸	۱/۰۳
نر و ماده	۳۰	۱۹/۱	۲۱/۲	۱۴۱/۵	۲	۰/۰۷	۱/۰۲



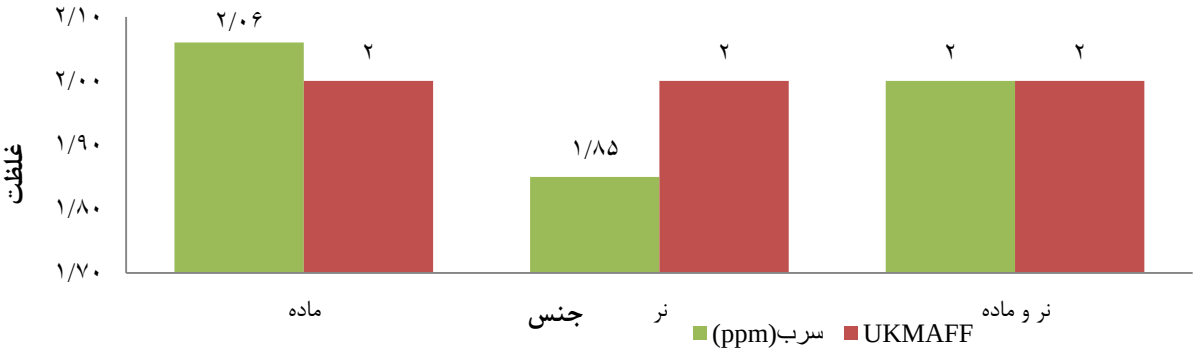
شکل۱: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در ماهی گوازیم دم رشته‌ای

مقایسه غلظت فلزات با استانداردهای جهانی در نمونه‌ها:

شکل‌های۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ به‌ترتیب به‌مقایسه غلظت سرب و جیوه اندازه‌گیری‌شده‌در‌بافت‌عضله‌ماهی‌گوازیم دم رشته‌ای با استانداردهای شاخص در این تحقیق می‌پردازند. از آن‌جاکه در هیچ‌یک از نمونه‌های اندازه‌گیری شده در بافت عضله ماهی در تحقیق حاضر، فلز سنگین کادمیم مشاهده نشد و میزان آن در دستگاه جذب اتمی پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه (۰/۱) بود نشان‌دهنده آن است که منطقه مورد مطالعه از نظر آلودگی به فلز کادمیم مشکلی ندارد و میزان آن بسیار پایین‌تر از استانداردهای جهانی می‌باشد.

شکل۲: بررسی غلظت سرب درنمونه‌ها طبق استاندارد WHO

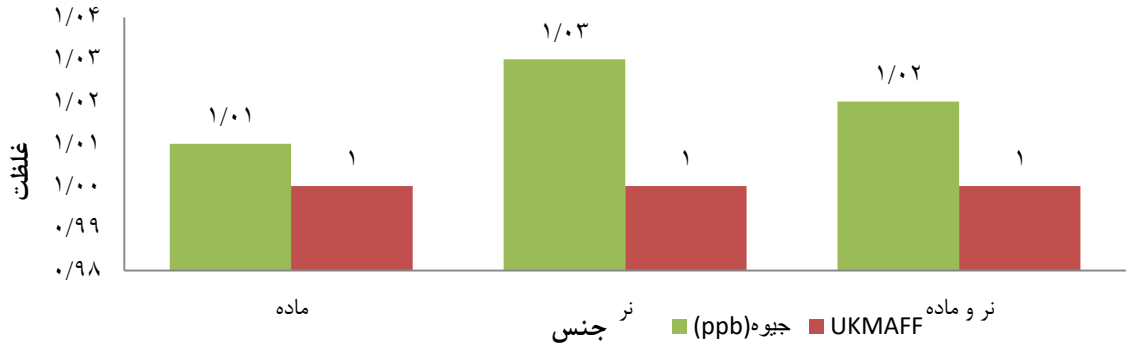
شکل۳: بررسی غلظت سرب در نمونه‌ها طبق استاندارد FDA



شکل۴: بررسی غلظت سرب در نمونه‌ها طبق استاندارد UKMAFF

شکل۵: بررسی غلظت جیوه در نمونه‌ها طبق استاندارد WHO

شکل۶: بررسی غلظت جیوه در نمونه‌ها طبق استاندارد FDA



شکل۷: بررسی غلظت جیوه در نمونه‌ها طبق استاندارد UKMAFF

بررسی نتایج در تحلیل‌های آماری: به‌منظور بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تجمع فلزات مورد نظر در عضله با پارامترهای زیستی از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس و تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. نتایج نشان داد که بین غلظت فلزات سرب و جیوه با پارامترهای زیستی (جنس، طول کل‌وطول چنگالی) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد(Sig >۰/۰۵). در پارامتر زیستی طول کل برای فلز سرب عدد (Sig<۰/۰۵) و بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلز سرب و اندازه طول کل در گونه موردنظر می‌باشد. نتایج تست (One-way ANOVA) برای فلز کادمیم و پارامترهای زیستی (جنس، طول کل و طول چنگالی) نشان داد که بین غلظت این فلز و پارامترهای زیستی اختلاف معنی‌دار وجود دارد (Sig<۰/۰۵).جدول ۲ به‌مقایسه پارامترهای زیستی ماهی(طول چنگالی، طول کل، وزن و سن) در دو جنس نر و ماده می‌پردازد.

توصیف آماری غلظت فلزات در بافت عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای (*Nemipterus japonicus*): جداول ۳ تا ۵ توصیف آماری غلظت فلزات سنگین سرب و جیوه وکادمیم را در بافت عضله ماهی مورد مطالعه نشان داده است. توضیح این‌که در جدول مربوطه واحدهای اندازه‌گیری عناصر سرب و کادمیم بر حسب پی‌پی‌ام و جیوه برحسب پی‌پی‌بی می‌باشد.

جدول۲: مقایسه پارامترهای زیست‌سنجی (میانگین± انحراف معیار)در دو جنس نر و ماده ماهی گوازیم دم رشته‌ای

متغییر	نر/Male – (n=۱۳)	ماده/Femal – (n=۱۷)	تعداد کل – (n=۳۰)
طول چنگالی/FL - (سانتی متر)	۱۸/۳±۸/۸	۱۹/۴±۴/۶	۱۹/۴±۱/۲
طول کل/TL - (سانتی متر)	۲۰/۴±۷/۳	۲۱/۵±۵/۳	۲۱/۴±۲/۹

جدول۳: آمار توصیفی سرب (پی‌پی‌ام) به تفکیک جنس در ماهی گوازیم دم رشته‌ای

جنسیت	تعداد نمونه	کم‌ترین	بیش‌ترین	دامنه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
نر	۹	۱/۵۵	۲/۱۵	۰/۶۰	۱/۸۵	۰/۲۳۷	۰/۰۷۹
ماده	۲۱	۱/۶۰	۲/۴۰	۰/۸۰	۲/۰۶	۰/۲۲۴	۰/۰۵۰
نر و ماده	۳۰	۱/۵۵	۲/۴۰	۰/۸۵	۲/۰۰	۰/۲۴۶	۰/۰۴۵

جدول۴: آمار توصیفی جیوه (پی‌پی‌بی) به تفکیک جنس در ماهی گوازیم دم رشته‌ای

جنسیت	تعداد نمونه	کم‌ترین	بیش‌ترین	دامنه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
نر	۹	۱/۰۰	۱/۰۹	۰/۰۹	۱/۰۳	۰/۰۳۷	۰/۰۱۲
ماده	۲۱	۱/۰۰	۱/۰۶	۰/۰۶	۱/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۰۴
نر و ماده	۳۰	۱/۰۰	۱/۰۹	۰/۰۹	۱/۰۲	۰/۰۲۶	۰/۰۰۵

جدول۵: آمار توصیفی کادمیم (پی‌پی‌ام) به تفکیک جنس در ماهی گوازیم دم رشته‌ای

جنسیت	تعداد نمونه	کم‌ترین	بیش‌ترین	دامنه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد
نر	۹	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۴
ماده	۲۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲
نر و ماده	۳۰	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲

برای مقایسه غلظت فلزات در عضله با استانداردهای جهانی از آزمون One-SampleT-test استفاده شد. نتایج آزمون نشان داد که بین غلظت سرب در بافت عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای با استانداردهای WHO(t=۱۱/۰۹۴)، FDA (t = -۶۶/۸۱۶) و UKMAFF (t = -۰/۰۳۶) اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بیش‌ترین اختلاف میانگین مشاهده شده در جدول T-test برای فلز سرب با استاندارد WHO بود (WHO: ۰/۴۹۸۳۷ > UKMAFF: -۰/۰۰۱۶۳> FDA:-۳/۰۰۱۶۳). هم‌چنین بین غلظت جیوه نیز در بافت عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای بااستانداردهای WHO(t =۱۰۹/۷۰۸)، FDA و UKMAFF (t =۳/۱۲۶) اختلاف معنی‌داری وجود داشت و اختلاف استاندارد WHO از دو استاندارد دیگر بیش‌تر بود (WHO: ۰/۵۱۴۶۷> UKMAFF:۰/۰۱۴۶۷FDA=:۰/۰۱۴۶۷). برای کادمیم نیز مقدار غلظت آن در بافت عضله ماهی با استانداردهای WHO و UKMAFF (t = -۶۵/۷۱۲) و FDA (t = -۴۸۳/۰۴۳) اختلاف معنی‌داری دارد و اختلاف استاندارد WHO و UKMAFF از استاندارد دیگر (WHO: - ۰/۱۲۵۹۷ = UKMAFF :-۰/۱۲۵۹۷ > FDA: -۰/۹۲۵۹۷) بیش‌تر می‌باشند. در نتیجه براساس اختلاف میانگین مشاهده شده در جداول T-test برای سرب و جیوه نشان داد که به‌طورکلی میزان آلودگی عنصر سنگین جیوه بیش‌تر از سطح استانداردهای سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) و میزان آلودگی عنصر سرب بیش‌تر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و برابر با استاندارد وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) برای آبزیان می‌باشد. جذب روزانه فلز سنگین به بدن از طریق مصرف ماهی طبق فرمول ۱ برای فلزات مورد مطالعه با در نظر گرفتن میانگین غلظت (C) این عناصر در ماهی (برای سرب، کادمیم وجیوه به‌ترتیب ۲/۰۰، ۰/۰۷، ۱/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و میانگین ماهی مصرفی (FIR) توسط افراد جامعه (به‌ازای هر نفر در کشور) ۸/۵ کیلوگرم در سال و یا به‌عبارت دیگر ۲۳/۲۸ گرم بر شخص در روز محاسبه شد. مقدار جذب روزانه (DI) برای سرب، کادمیم و جیوه به‌ترتیب ۴۶/۵۶، ۱/۶۲، ۲۳/۷۴ میلی‌گرم بر شخص در روز به‌دست آمد. حد مجاز مصرف روزانه ماهی با توجه به میزان فلز سنگین اندازه‌گیری شده در بخش خوراکی آن (عضله) از طریق فرمول۲ که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا پیشنهاد شده محاسبه گردید. میزان فلز سنگین در ماهی (CM) برای عناصر سرب، کادمیم و جیوه به‌ترتیب ۲/۰۰، ۰/۰۷، ۱/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. شایان ذکر است که وزن بدن نیز برای یک فرد بالغ، ۷۰ کیلوگرم درنظر گرفته شد. میزان RFD یا دوز مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده برای سرب،کادمیم و جیوه به‌ترتیب ۰/۰۲۵، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز لحاظ گردید (EPA، ۲۰۰۵). محاسبات نشان داد که حدمجاز مصرف‌روزانه ماهی گوازیم دم رشته‌ای به‌ترتیب برای عناصر سرب،کادمیوم و جیوه ۰/۸۷۵، ۱/۰۰ ، ۰/۰۰۶ گرم در روز می‌باشد. ارزیابی ریسک براساس شاخص خطر HQ طبق فرمول۳ بیان گردید. شاخص ریسک HQ به‌ترتیب برای سرب، کادمیم، جیوه ۱، ۱ و ۰/۸۷۴ به‌دست آمد. برای اثبات فرضیه سوم این تحقیق به مقایسه جدول ۶ نتایج ارزیابی ریسک ناشی از مصرف ماهی گوازیم دم رشته‌ای در شمال غرب خلیج فارس را که توسط فرمول‌های ۱، ۲ و ۳ برآورد گردیده است با جدول ۷ (استاندارد فلزات سنگین در غذاهای دریایی) پرداخته شده است. از این مقایسه استنباط می‌شود که هر یک از فلزات مورد مطالعه (سرب،کادمیم 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 می‌باشد.

جدول۶: نتایج ارزیابی ریسک مصرف ماهی گوازیم دم رشته‌ای شمال‌غرب خلیج فارس

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 ریسک (واحد ندارد)
آب‌های سواحل بوشهر	ماهی گوازیم دم رشته‌ای	سرب	۲/۰۰	۴۶/۵۶	۰/۸۷۵	۱
		کادمیوم	۰/۰۷	۱/۶۲	۱/۰۰	۱
		جیوه	۱/۰۲	۲۳/۷۴	۰/۰۰۶	۰/۸۷۴

بحث

آلودگی محیط‌های آبی به‌فلزات سنگین به‌عنوان یک‌خطر جدی از مدت‌ها قبل شناسایی گردیده است. داشتن اطلاعات در مورد غلظت فلزات سنگین در ماهی از هر دو جنبه مدیریت طبیعی و سلامت انسانی حائز اهمیت است. مسمومیت این فلزات عموماً شامل مغز و کلیه می‌گردد ولی دیگر عوارض هم رخ

خواهد داد و برخی از فلزات قادر به ایجاد سرطان می‌باشند (US Agency، ۱۹۹۹). در این مطالعه غلظت سه فلز سرب، کادمیم و جیوه در بافت عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای در سواحل آب‌های شمال‌غرب خلیج فارس به‌صورت تصادفی تهیه گردید مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر بیش‌ترین میزان تجمع فلزات سنگین به‌ترتیب مربوط به عنصر سرب و جیوه بوده و غلظت کادمیم از حد تشخیص دستگاه پایین‌تر می‌باشد. صدوق‌نیری و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیق خود که در دهانه رود اروند در شمال غرب خلیج‌فارس انجام گردید دریافتند که انحراف معیار و میانگین غلظت کادمیم و سرب اندازه‌گیری شده در عضله ماهی صبور به‌ترتیب ۰/۰۳۴±۰/۱۱۹ و ۰/۰۲۷±۱/۰۱۳ میکروگرم برگرم(وزن خشک) بوده است. نتایج حاصل بیانگر این است که غلظت این فلزات از مقدار مجاز استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) کم‌تر بوده است (صدوق نیری و همکاران، ۱۳۸۹). هم‌چنین صادقی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی که در آب‌های استان هرمزگان (بندرعباس) داشتند مشاهده نمودند که میانگین غلظت کادمیم و سرب از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان کشاورزی، شیلات و غذایی انگلستان (UKMAFF) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) پایین‌تر می‌باشد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲). انحراف معیار و میانگین غلظت کادمیم و سرب به‌ترتیب برابر ۰/۰۰۰۷ ± ۰/۰۰۴۱ و ۰/۰±۰۴۳۹/۱۰۶۱ میکروگرم بر گرم (وزن خشک) در عضله ماهی سنگسر معمولی مشاهده شد. بنابراین با استناد به تحقیقات دیگران و نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر می‌توان اذعان داشت که سواحل خلیج فارس مشکلی از لحاظ آلوده بودن به کادمیم ندارد. نتایج آزمون ناپارامتری کروسکال والیس برای فلز سرب با پارامترهای زیستی (جنس، طول کل، طول چنگالی) نشان می‌دهد و گویای آن است که بین غلظت فلز (سرب) با پارامترهای زیستی (جنس و طول چنگالی) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین جنس و طول چنگالی در جذب سرب در نمونه‌های آنالیز شده نقشی ندارند به این علت که در هریک از آن‌ها عدد Sig >۰/۰۵ می‌باشد. در حالی که در پارامتر زیستی طول کل، عدد Sig<۰/۰۵ و بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین غلظت فلز سرب و اندازه طول کل در گونه مورد نظر می‌باشد. هم‌چنین نتایج آزمون ناپارامتری کروسکال والیس برای فلز جیوه با پارامترهای زیستی (جنس، طول کل، طول چنگالی) نشان می‌دهد که بین غلظت فلز (جیوه) با پارامترهای زیستی (جنس، طول کل، طول چنگالی) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین جنس، طول کل و طول چنگالی در جذب جیوه در نمونه‌های آنالیز شده نقشی ندارند به این علت که در هریک از آن‌ها عدد Sig>۰/۰۵ می‌باشد.

در نتایج تست One-way ANOVA برای فلز کادمیم و پارامترهای زیستی (جنس،طول کل، طول چنگالی) ملاحظه گردید که بین غلظت فلز (کادمیم) با پارامترهای زیستی فوق اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بنابراین طول چنگالی، طول کل و جنس در جذب کادمیم در نمونه‌های آنالیز شده نقش دارند به این علت که در هر سه آن‌ها عدد Sig<۰/۰۵ می‌باشد. در جدول ۲ که به مقایسه پارامترهای زیستی ماهی در دو جنس نر و ماده پرداخته بود ملاحظه شد که میانگین طول چنگالی، میانگین طول کل و میانگین وزن کل در ماهی‌های ماده بیش‌تر از ماهی‌های نر می‌باشد. برای اثبات یا رد فرضیه اول تحقیق حاضر در جدول ۷ ملاحظه می‌گردد که میزان سرب در تحقیق حاضر (۲/۰۰پی‌پی‌ام) بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و برابر با حد مجاز استاندارد وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) می‌باشد ولی طبق استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) در حد مجاز می‌باشد و میزان جیوه (۱/۰۲پی‌پی‌بی) از هر سه استاندارد شاخص در این تحقیق بسیار بالاتر می‌باشد در نتیجه فرضیه اول تحقیق حاضر در مورد فلزات سرب و جیوه رد و در مورد فلز کادمیم اثبات می‌گردد.

جدول ۷: مقایسه بین غلظت فلزات سنگین در تحقیق حاضر با میزان استاندارد فلزات سنگین در غذاهای دریایی

استانداردها	جیوه (پی‌پی‌بی)	کادمیوم (پی‌پی‌ام)	سرب (پی‌پی‌ام)	منابع
سازمان بهداشت جهانی(WHO)	۰/۵	۰/۲	۱/۵	Biney و Ameyibor، ۱۹۹۲؛ Madany و همکاران، ۱۹۹۶
سازمان غذا و داروی آمریکا(FDA)	۱	۱	۵	Ruelle و Henry، ۱۹۹۴؛ Chen و Chen، ۲۰۰۱
وزارت کشاورزی،شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF)	۱/۰	۰/۲	۲/۰	Merian، ۱۹۹۱؛ Bashkin و Radojevic، ۱۹۹۹؛ MAFF، ۱۹۹۵
(n=۳۰)	۱/۰۲	۰/۰۷	۲	تحقیق حاضر ۱۳۹۴

میزان فلزات سنگین آهن، جیوه، روی و مس در بافت عضله دو گونه سپرماهی چهارگوش وگیش چشم درشت خلیج فارس در سال ۱۳۸۷ اندازه‌گیری شد که غلظت جیوه حاصل از سنجش فلزات مذکور، از بافت عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای سواحل بوشهر کم‌تر می‌باشد. میانگین فلزات در بافت عضله دو گونه سپرماهی چهارگوش و گیش چشم به‌ترتیب آهن ۷۴/۷۸ و ۲۵/۰۷، جیوه ۰/۷۷و۰/۲۰، روی ۸۷۵/۹۹ و ۱۵/۵۴ و مس ۳/۵۰ و ۲/۳۱ میکروگرم بر گرم (وزن خشک) بود (شهاب‌مقدم و همکاران،۱۳۸۹). در تحقیقی دیگر که در

مورد غلظت کادمیم، سرب، مس، کبالت و نیکل روی ماهی صبور در شمال‌غرب خلیج‌فارس انجام گرفت،میانگین غلظت این فلزات به‌ترتیب ۰/۱۱۹، ۱/۰۱۳، ۲/۳۰۹، ۰/۸۶۷ و ۴/۰۰۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمده است که میزان سرب ماهی مورد مطالعه در تحقیق حاضر از آن بیش‌تر و میزان کادمیم از آن کم‌تر است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲). براساس مطالعات Ray نیز میانگین میزان سرب در عضله و کبد ماهی آزاد اطلس رودخانه میرامی‌چی کانادا به‌ترتیب ۶۷/۳۶ و ۵/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است که این مقادیر از نتایج حاصل از تحقیق حاضر در مورد عضله ماهی گوازیم دم رشته‌ای سواحل بوشهر بالاتر می‌باشد (Ray و همکاران، ۱۹۹۰). مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سایر مطالعات در خلیج فارس نشان می‌دهد که نسبت غلظت فلزات سنگین در ماهی مورد مطالعه با ماهیان دیگر موجود در آن در نوسان است. غلظت بالای سرب می‌تواند ناشی از ترکیبات نفتی، تردد، نشت و تخلیه آب توازن نفتکش‌ها، کشتی‌های تجاری، فاضلاب‌های صنعتی و شهری، کودهای شیمیایی و حیوانی، صنایع آبکاری و تجهیزات الکترونیکی، روغن‌های مستعمل و سوخته شناورها، صنایع غذایی و رهاسازی سرب از رنگ بدنه کشتی‌ها و شناورها باشد. فعالیت‌های انسانی نیز بیش‌ترین آلودگی و تخریب را وارد می‌سازند که شامل شیرابه زباله‌ها و تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی از ساحل به دریا می‌باشد (الصاق،۱۳۸۹). علاوه بر این‌ها بالا بودن غلظت سرب می‌تواند ناشی از تمایل این فلز به تجمع در بافت‌های پرتحرک آبزیان نیز باشد (دادالهی،۱۳۸۷). در این تحقیق با توجه به این‌که میانگین ماهی مصرفی(FIR) توسط افراد (به‌ازای هر نفر در کشور) ۸/۵ کیلوگرم در سال است (دفتر طرح و برنامه سازمان شیلات ایران،۱۳۹۳)، بنابراین مصرف روزانه ماهی برای هر فرد در کشور ۲۳/۲۸ گرم می‌باشد لذا مقدار سرب، کادمیم و جیوه‌ای که از طریق مصرف ماهی گوازیم دم رشته‌ای در کشور به‌طور روزانه جذب بدن می‌شود به‌ترتیب ۴۶/۵۶، ۱/۶۲ و ۲۳/۷۴ میلی‌گرم بر شخص در روز برای یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم می‌باشد.

EPA حد مجاز میزان جذب روزانه (PTDI) سرب، کادمیم و جیوه را به‌ترتیب ۲۵، ۱، ۰/۱ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن اعلام کرده است (حسینی و همکاران،۱۳۹۰) که برابر با ۰/۰۲۵، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بنابراین طبق فرضیه سوم این تحقیق نتیجه می‌شود که بین غلظت فلزات و میزان جذب روزانه ارتباط مستقیم وجود دارد. حد مجاز مصرف روزانه (CRlim) ماهی گوازیم دم‌رشته‌ای برای عناصر سرب، کادمیم و جیوه به‌ترتیب ۰/۸۷۵، ۱/۰۰، ۰/۰۰۶ گرم در روز محاسبه شد. بنابراین شاخص خطر (HQ) برای سرب، کادمیم، جیوه به‌ترتیب ۱،۱ و ۰/۸۷۴ به‌دست آمد. در مطالعه حاضر برآورد جذب روزانه، حد مجاز مصرف روزانه و شاخص ریسک فلزات سنگین سرب، کادمیم و جیوه ناشی از مصرف ماهی گوازیم دم رشته‌ای در آب‌های شمال‌غرب خلیج فارس انجام گرفت. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد اگرچه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و جیوه در ماهی مورد مطالعه بیش‌تر از حد برخی استانداردهای بین‌المللی شاخص در این تحقیق بود و میانگین غلظت کادمیم نیز کم‌تر از حد تشخیص دستگاه بود اما عدد شاخص ریسک در محاسبه برای جیوه کم‌تر از یک به‌دست آمد که از لحاظ ریسک-پذیری خطری برای مصرف کنندگان نخواهد داشت و برای سرب و کادمیم نیز برابر با یک بود که مصرف‌کنندگان خود را در مرز خطر قرار می‌دهد اما به‌دلیل خاصیت تجمع‌پذیری کادمیم در بدن، درخصوص مصرف تعداد وعده‌های یاد شده به‌ویژه برای زنان باردار و کودکان که حساسیت بیش‌تری دارند (چراغی و همکاران،۱۳۹۱) باید پاره‌ای از ملاحظات برای این دو عنصر رعایت شود و قابل ذکر است اگر نتیجه حاصل شده بیش‌تر از یک بود (به‌بیان دیگر میزان جذب روزانه بیش‌تر از دوز مرجع باشد)نشان‌دهنده آن است که مصرف آبزی اثر حاد و مضری بر روی سلامتی مصرف کنندگان از جمله انسان دارد (حسینی و همکاران،۱۳۹۰). در نتیجه میزان مجاز مصرف برای حفظ سلامتی از لحاظ سرب، کادمیم و جیوه به‌ترتیب ۰/۸۷۵، ۱/۰۰ و ۰/۰۰۶ گرم در روز و ۶/۱۲۵، ۷ و ۰/۰۴۲ گرم در هفته توصیه می‌شود.

منابع

۱. **امینی‌رنجبر، غ. و علیزاده، م.، ۱۳۷۸.** اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (Cr,Zn,Cu,Pb,Cd) در سه گونه از کپور ماهیان پرورشی. پژوهش و سازندگی. شماره ۴۰، صفحات ۴۱ تا ۴۲.

۲. **امینی‌رنجبر، غ. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴.** تجمع فلزات سنگین در بافت کبد و عضله ماهی کفال طلایی (*Lizzie auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن، جنسیت). مجله علمی شیلات ایران. شماره ۳، صفحات ۵۶ تا ۶۱.

۳. **الصاق، ا.، 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، صفحات ۲۲ تا ۳۵.

۴. **چراغی، م.؛ اسپرغم، ا. و نوریائی، م.ح.، ۱۳۹۱.** ارزیابی ریسک کادمیوم ناشی از مصرف ماهی شیربت (*Barbus grypus*) رودخانه اروند. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ۴، شماره ۱۳، صفحات ۳۷ تا ۴۹.

۵. **حسینی، س.م.؛میرغفاری، ن.؛محبوبی‌صوفیانی، ن.و حسینی، س.و.، ۱۳۹۰.** ارزیابی ریسک جیوه ناشی از مصرف ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در استان مازندران. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۴ ، شماره۳، صفحات ۷۴ تا ۸۱.

۶. **دبیری، م.، ۱۳۸۵.** آلودگی محیط زیست (هوا، آب، خاک، صوت). ویرایش جدید، نشر اتحاد. ۱۷۱ صفحه.

۷. **دادالهی، س.ع.؛ نبوی، س.م.ب. و خیرور، ن.، ۱۳۸۷.** ارتباط برخی مشخصات زیست‌سنجی با تجمع فلزات سنگین در بافت عضله و آبشش ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه اروندرود. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۷، شماره۴، صفحات ۱۳۴ تا ۱۴۷.

۸. **دفترطرح و برنامه سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۳.** کتابچه آمار صید شیلات ایران. انتشارات سازمان شیلات ایران. ۹۷ صفحه.

۹. **شریف‌فاضلی، م.؛ ابطحی، ب. و صباغ‌کاشانی، آ.، ۱۳۸۴.** سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کفال طلایی (*Lizzie auratus*) سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره۱، صفحات ۱۱ تا ۲۳.

۱۰. **شهاب‌مقدم، ف.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ ولی‌نسب، ت. و کریم آبادی، م.، ۱۳۸۹.** مقایسه تجمع فلزات سنگین در عضله سپرماهی چهارگوش(*Himantura gerrardi*) و گیش چشم درشت (*Selar crumenophthalmus*) خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۹، شماره ۲، صفحات ۱۹ تا ۲۸.

۱۱. **صباغ‌کاشانی، آ.، ۱۳۸۰.** تعیین میزان برخی فلزات سنگین در عضله، کبد،کلیه، آبشش و تخمدان ماهی کفال*Liza aurata* در سواحل جنوبی دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. دانشگاه تربیت مدرس. ۷۴ صفحه.

۱۲. **صادقی‌راد، م.؛ امینی‌رنجبر، غ.؛ ارشد، ع. و جوشیده، ه.، 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. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره۳، صفحات ۸۷ تا ۹۶.

۱۳. **صدوق‌نیری، ع.؛ نیک‌پور، ی.؛ رجب‌زاده، ا.؛ محبوبی‌صوفیانی، ن. و احمدی، ر.، ۱۳۸۹.** اندازه‌گیری فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، کبالت، مس و سرب در بافت‌های ماهی صبور،*Tenualosa ilisha*، درشمال‌غرب خلیج فارس و رابطه آن با طول و وزن. مجله علوم آبزیان. سال ۱، شماره ۱، صفحات ۲۵ تا ۳۶.

۱۴. **صادقی، م.؛ امتیازجو، م. و دقیقی‌روچی، ر.، ۱۳۹۲.** تعیین میزان فلزات سنگین (Pb,Cd) در بافت‌های کبد و عضله ماهی سنگسر معمولی(*Pomadasys kaakan*) در آب‌های استان هرمزگان (بندر عباس). همایش ملی مهندسی ومدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار.

۱۵. **ولی‌نسب،ت.، ۱۳۹۲.** فرهنگ جامع اسامی ماهیان خلیج‌فارس،دریای عمان و دریای خزر و حوضه آبریز. انتشارات موج سبز. ۲۲۵ صفحه.

۱۶. **Agusa, T.; Kainito, T.; Tanabe, S.; Pourkazemi, M. and Aubrey, D.G., 2004.** Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea. Mar Pollut Bull. Vol. 49, No. 9-10, pp: 789-800.

۱۷. **Anan, Y.; Kunito, T.; Tanabe, S.; Mitrofanov, I. and Aubrey, D.G., 2005.** Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. Mar Pollut Bull. Vol. 51, No. 8-12, pp: 882-888.

۱۸. **APHA (American Public Health Association). 2005.** Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association.

۱۹. **Berlin, M., 1985.** Handbook of the toxicology of metals. Elsevier Science Publishers, London, UK. 2 Editors. Vol. 2, pp: 376-405.

۲۰. **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. Vol. 63, pp: 273-279.

۲۱. **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. Vol. 9, pp: 107-114.

۲۲. **Canli, M. and Atli, G., 2003.** The relationships between heavy metal (cd, cr, cu, fe, pb, zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, Enviroment. Pollution. Vol. 121, pp: 129-136.

۲۳. **Demirak, A.; Yilmaz, F.; Tuna, A.L. and Ozdemir, N., 2006.** Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosohere. Vol. 63, No. 9, pp: 1451-1458.

۲۴. **Silva, E.; Viana, Z.C.V.; Souza, N.F.A.; Korn, M.G.A. and Santos, V.L.C.S., 2015.** Assessment of essential elements and chemical contaminants in thirteen fish species from the Bay Aratu, Bahia, Brasil. pp: 1519-1590.

۲۵. **Esteban, A.; Nahuel, F.S.; Alejandra, V.V.; Walter, G. and Alicia, F.C., 2015.** Heavy metals and trace elements in muscle of silverside (*Odontesthesbonariensis*) and water from different environments Argentina): aquaticpollution and consumption effect approach. pp: 102-108.

۲۶. **EPA. 2005.** Risk-Based Concentration Table, April, 2005. U.S. EPA, Region 3, Philadelphia, PA.

۲۷. **Filazi, A.; Baskaya, R. and Kum, C., 2003.** Metal concentration in tissues of the Black Sea fish *Lizzia auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. Human & Experimental Toxicology. Vol. 22, pp: 85-87.

۲۸. **Moopam. 1999.** Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Methods.

۲۹. **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. Vol. 91, pp: 233-248.

۳۰. **Merian, E., 1991,** Metals and Their Compounds in the Environment Occurrence, Analysis and Biological Relevance. VCH, Weinheim.

۳۱. **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.

۳۲. **Pourang, N.; Tanabe, S.; Rezvani, S. and Dennis, J.H., 2005.** Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. Environ Monit Assess. Vol. 100, No. 1-3, pp: 89-108.

۳۳. **Reyahi Khoram, M.; Setayesh Shiri, F. and Chraghi, M., 2015.** Study of the heavy metals (Cd and Pb) content in the tissues of rainbow trouts from Hamedan coldwater fish farms. pp: 858-869.

۳۴. **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. Vol. 36, No. 3, pp: 169-173.

۳۵. **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.

۳۶. **Radojevic, M. and Bashkin, V.N., 1999.** Practical Environmental Analysis. The Royal Society of Chemistry, U.K. 466 p.

۳۷. **Sabry, M. and Ahmed, A., 2015.** Heavy metal and trace element contents in edible muscle of three commercial fish species, and assessment of possible risks associated with their human consumption in Saudi Arabia. pp: 271-278.

۳۸. **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. Vol. 612, pp: 281-295.

۳۹. **US Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1999.** Lead.Toxicological profiles. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention. PB/99/166704.

۴۰. **Xiaojie, L.; Jinping, C.; Yuling, S.; Shunichi, H.; Li, W.; Zheng, L.; Mineshi, S. and Yuanyuan, L., 2008.** Mercury concentration in hair samples from Chinese people in coastal cities. J. Enviro. Sci. Vol. 20, pp: 1258-1262.