بررسی تجمع فلزات سنگین جیوه ،سرب و کادمیوم در بافت‌های عضله،کبد و مغز گاوماهی گرد *Neogobius melanostomus* دریای خزر در استان مازندران

• **محمدرضا عدالت‌سروستانی***: گروه علوم دریایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آذر ١٣٩٦ تاریخ پذیرش: اسفند ١٣٩٦

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین جیوه، سرب و کادمیوم در بافت‌های عضله، کبد ومغز گاوماهی *Neogobius melanostomus* در استان مازندران بودکه در ساری، بابلسر، فریدون‌کنار، رویان و رامسر در سواحل جنوبی دریای خزر نمونه‌برداری انجام گرفت. در این تحقیق ١٥ نمونه در سال‌های ٩٥-١٣٩٤ از این سواحل تهیه شد. آماده‌سازی نمونه‌ها براساس روش هضم مرطوب و اندازه‌گیری میزان تجمع عناصر غیرضروری با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Atomic absorption (A.A.S و دستگاه تجزیه‌گر جیوه مستقیم DMA-80 انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد، میانگین غلظت فلز کادمیوم در بافت کبد، عضله و مغز ٠/١٥±٠/٣٣، ٠/١٠±٠/٢٨ و ٠/٠٥±٠/١٩ و میانگین غلظت سرب در بافت کبد، عضله و مغز ١/٠١±٩/٤١، ١/٨٩±١٠/٥ و ٢/١٨±٧ میلی‌گرم در کیلوگرم (وزن مرطوب)، میانگین غلظت جیوه دربافت کبد، عضله و مغز ١٠/٣٠±٤٣/١٠، ٣٣/١٠±٨٥/٠٥ و ٣/٠٧±٨/٢٤ میکروگرم در کیلوگرم (وزن مرطوب) بوده است. آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) نشان داد که بین ایستگاه‌های مورد بررسی از نظر میانگین غلظت جیوه در اندام مغز و از نظر میانگین غلظت سرب در اندام عضله اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید (p>٠/٠٥). بر طبق آنالیز آماری همبستگی پیرسون، ارتباط معکوس بین طول استاندارد و تجمع کادمیوم در عضله و کبد مشاهده شد. بالاترین میزان تجمع جیوه در بافت عضله بود وکم‌ترین میزان تجمع در بافت مغز بود و میزان انباشت فلزات سرب و کادمیوم در بافت‌های هدف گاوماهی بیش‌تر از حد مجاز استاندارد و فلز جیوه پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای WHO/FAO/NHMRC/MAFF (UK) بوده است.

کلمات کلیدی: کادمیوم، سرب، مغز، گاوماهی *Neogobius melanostomus*، دریای خزر

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: reza_edalat_60@yahoo.com

مقدمه

فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های محیط‌های آبی در اثر فرآیندهای طبیعی و نیز به‌طور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (اسماعیلی‌ساری و همکاران، ۱۳۸۱). پساب واحدهای صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل مواد حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، فرسایش زمین، فضولات انسانی و دامی و پساب‌ناشی از پرورش‌دام، منابع تشکیل‌دهنده فلزات سنگین در پیکره آبی هستند (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۸۸). پایش این فلزات سمی مسئله مهمی برای متخصصان علوم تغذیه، پزشکی و محیط زیست می‌باشد (Belitz و همکاران، ۲۰۱۰؛ Ozan، ۲۰۰۱). هم‌چنین فلزات سنگین به‌دلیل تاثیرات منفی مختلف بر آبزیان مانند کاهش رشد، تغییرات رفتاری و ژنتیکی و نیز مرگ و میر (امینی‌رنجبر و ستوده‌نیا، ۱۳۸۴) و هم‌چنین به سبب سمیت و تمایل به تجمع در زنجیره غذایی موجب ایجاد نگرانی در مصرف ماهی گردیده است. لذا اندازه‌گیری غلظت این فلزات در جهت تعیین استانداردهای سلامت عمومی و حفاظت از محیط زیست دریایی حائز اهمیت می‌باشد. فلزات سنگین موجود در زیستگاه‌های دریایی را می‌توان با ارزیابی غلظت آن‌ها در آب، رسوب یا موجودات آبزی بررسی کرد. البته آنالیزهای شیمیایی آب و رسوب، سطح آلودگی را مشخص می‌کنند اما برای ارزیابی کیفیت بیولوژیکی ناحیه مورد مطالعه کافی نیستند. تنها سیستم‌های زنده قادر به ارزیابی تاثیرات پیچیده آلاینده‌های با دسترسی زیستی می‌باشند. بررسی فلزات سنگین در آب زیاد به‌دلیل این که به سرعت در بدن آن‌ها جذب می‌شود بسیار مهم و ضروری است، اما به‌دلیل این که ماهی بخش مهمی از رژیم غذایی انسانی است، بسیاری از مطالعات آلودگی فلزات‌سنگین به‌ویژه جیوه در بافت‌های مختلف ماهی صورت گرفته است. فلزات سنگین اندام هدف‌خود را براساس میزان‌فعالیت متابولیک‌آن انتخاب می‌کنند (امینی‌رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳). درصورتی‌که ماهیان دارای مقادیر بیش از حد مجاز جیوه باشند، بیماری خطرناکی با عوارض سیستم عصبی مرکزی در انسان ظاهر می‌گردد که به نام بیماری مینا ماتا خوانده می‌شود (ولایت‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). کادمیوم در ماهیان مسیرهای آنزیمی سنتز اسید اسکوربیک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و هم‌چنین تجمع کادمیوم موجب کاهش اندازه کبد و از دست دادن ذخایر گلیکوژنی کبد و عضله در ماهیان می‌شود که این فلز می‌تواند به‌طور مستقیم از جذب اکسیژن توسط میتوکندری‌ها جلوگیری می‌کندو سبب افزایش هیدرولیز آدنوزین‌تری‌فسفات می‌شود تاثیرات کادمیوم بر روی مفاصل و استخوان‌ها به بیماری ایتای ایتای معروف است که منجر به مرگ می‌شود (نوذری و همکاران، ۱۳۸۴). سرب جزو چهار فلزی است که بیش‌ترین عوارض را بر روی انسان دارد. اختلاف بیوسنتز هموگلوبین و کم خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین، نا باروری مردان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن انسان است (فروغی و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به اهمیت فلزات سنگین و گاوماهی *Neogobius melanostomus* که در منطقه مطالعاتی بخشی از رژیم غذایی فک دریایی و ماهیان خاویاری و اردک ماهی و سوف می‌باشد (صادقی‌راد و همکاران، ۱۳۸۴). این تحقیق با هدف سنجش و مقایسه فلزات کادمیوم، سرب و جیوه در اندام‌های عضله، کبد و مغز گاوماهی *Neogobius melanostomus* در سواحل دریای خزر در استان مازندران انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۵ نمونه گاو ماهی *Neogobius melanostomus* در سال‌های ۹۴و ۱۳۹۵ از سواحل استان مازندران توسط تورهای پره صیادان ماهیان استخوانی صید گردید(شکل۱). پس از انتقال نمونه‌های ماهی به آزمایشگاه کلیه نمونه‌ها کدگذاری شدند و سپس مورد زیست سنجی قرارگرفتند. طول کل و طول استاندارد وزن کل ماهی به‌وسیله تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (شکل‌های ۲ و ۳). عضله ماهیان به‌وسیله چاقوی پلاستیکی به‌منظور تعیین میزان فلزات سنگین در بافت مغز، عضله و کبد گاوماهی ابتدا نمونه‌ها را از انجماد درآورده سپس درون پتری دیش‌هایی که قبلاً توسط اسیدنیتریک ۵۰٪ شسته شده، انتقال داده شد (Eboh و همکاران، ۲۰۰۶؛ Kalay و Bevis، ۲۰۰۳). برای هضم نمونه‌ها از روش سنجش میزان تجمع عناصر غیرضروری جیوه، سرب و کادمیوم به‌روش جذب اتمی با کمک دستگاه آنالیز دستگاهی نمونه‌ها توسط دستگاه جرم اتمی (Atomic absorption (A.A.S انجام شد و جیوه با دستگاه تجزیه‌گر جیوه مستقیم DMA-80 انجام شد. برای اندازه‌گیری عناصر مورد نظر ابتدا نمونه‌های وزن شده کبد، عضله و مغز را به‌مقدار ۱ گرم به‌دقت توزین کرده و بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ توسط پیپت به‌نمونه‌ها اضافه‌شده و ۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه نیز به نمونه اضافه گردید و سپس در زیر هود روی هیتر در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت

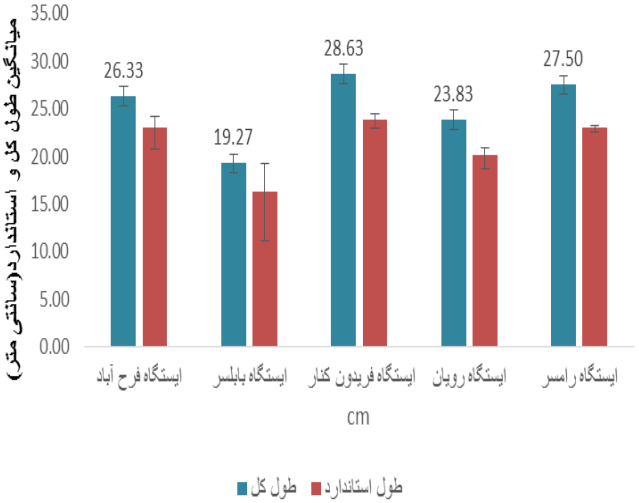
حرارت داده شدند تا هضم به‌طور کامل انجام شود. سپس توسط آب مقطر حجم نمونه‌های درون بالن ژوژه توسط کاغذ صافی به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در درون یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند(Mooan، ۱۹۹۹).تمامی نمونه‌های محلول توسط قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی، صاف شدند تا محلول شفافی به‌دست آید به بالن ژوژه منتقل شد و به حجم رسانده شد و به بخش آزمایشگاه تخصصی اسپکتروفتومتری برای سنجش فلزات سنگین توسط دستگاه جرم اتمی انتقال داده شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۲۲ و برای رسم نمودارها از برنامه Excel ۲۰۱۰ استفاده گردید. در صورت نرمال بودن توزیع داده‌های مورد بررسی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه One Way ANOVA در سطح اطمینان ۹۵٪ ابتدا اختلاف کلی بین داده‌ها مشخص و سپس با آزمون توکی (Tukey) گروه‌ها از یکدیگر تفکیک گردیدند و در صورت نرمال نبودن داده‌ها، آزمون ناپارامتری کروس کالوالیس Wallis – Kruskal استفاده گردید.

شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریای خزر

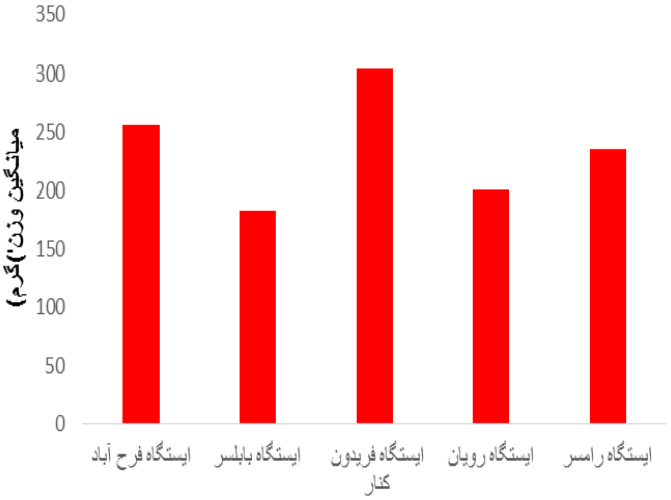
نتایج

بالاترین میانگین طول کل و طول استاندارد و وزن گاوماهی *Neogobius melanostomus* به‌ترتیب معادل ۲۸/۶۳ سانتی‌متر و ۲۳/۷۸ سانتی‌متر و ۳۰۵ گرم بود (شکل‌های ۲ و ۳). بالاترین مقدار کادمیوم در بافت کبد در ایستگاه بابلسر ۰/ ۳۳ ppm و بالاترین مقدار سرب در بافت عضله در ایستگاه بابلسر ۱۰/۵ ppm و بالاترین مقدار جیوه در بافت مغز در ایستگاه فرح آباد ۸۵/۶۱ ppb بود (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). کم‌ترین آلودگی از نظر فلز سرب و کادمیوم مربوط به ایستگاه رامسر می‌باشد و کم‌ترین آلودگی فلز جیوه مربوط به ایستگاه فریدون کنار و بیش‌ترین آلودگی مربوط به ایستگاه فرح آباد می‌باشد.

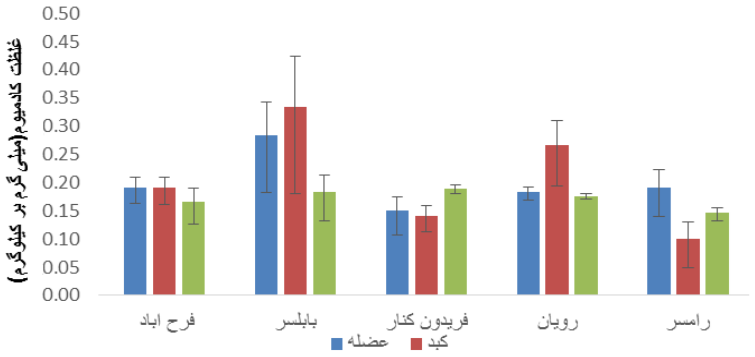
بیش‌ترین میزان تجمع سرب در بافت کبد می‌باشد و کم‌ترین میزان تجمع کادمیوم در بافت عضله می‌باشد. بیش‌ترین میزان تجمع جیوه در بافت عضله می‌باشد و کم‌ترین میزان تجمع در بافت مغز می‌باشد میزان انباشت فلزات سرب و کادمیوم در بافت‌های گاوماهی بیش‌تر و در فلز جیوه پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای WHO/FAO/NHMRC /MAFF (UK) می‌باشد.



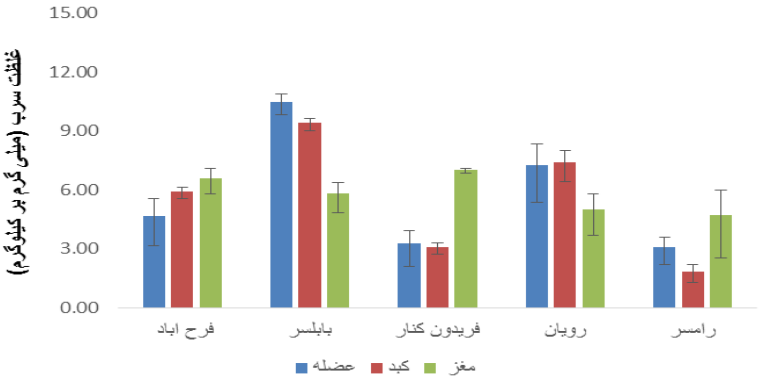
شکل ۲: نمودار میانگین طول کل، طول استاندارد *Neogobius melanostomus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه



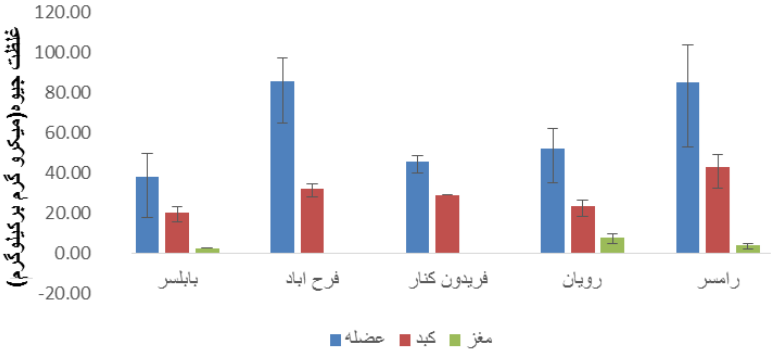
شکل ۳: نمودار میانگین وزن گاوماهی *Neogobius melanostomus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۴: نمودار میانگین غلظت فلز کادمیوم دربافت عضله، کبد و مغز گاوماهی در *Neogobius melanostomus* دریای خزر در ایستگاه‌های مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (وزن مرطوب)



شکل ۵: نمودار میانگین غلظت فلز سرب در بافت عضله، کبد و مغز گاوماهی در *Neogobius melanostomus* دریای خزر در ایستگاه‌های مورد مطالعه برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (وزن مرطوب)



شکل ۶: نمودار میانگین غلظت فلز جیوه در بافت عضله، کبد و مغز گاوماهی در *Neogobius melanostomus* دریای خزر در ایستگاه‌های مورد مطالعه برحسب میکروگرم بر کیلوگرم (وزن مرطوب)

بحث

بر طبق آنالیز آماری همبستگی پیرسون ($p<0/01$)، ارتباط معکوس بین وزن و طول استاندارد و تجمع کادمیوم در عضله و کبد مشاهده شد. بررسی همبستگی بین وزن و طول استاندارد ماهی *Neogobius melanostomus* با غلظت فلز سرب بررسی همبستگی بین طول استاندارد ماهیان و وزن آن‌ها با میزان تجمع فلز سرب در بافت‌های کبد، مغز و عضله نشان داد که ارتباط معنی‌دار معکوس بین مولفه‌های طول استاندارد و وزن با میزان تجمع این فلز در بافت‌های کبد، عضله ماهی وجود دارد هرچند ارتباطی بین تجمع این فلز در بافت مغز با طول استاندارد و وزن ماهی مشاهده نگردید.بررسی همبستگی بین وزن و طول استاندارد ماهی (*Neogobius melanostomus*) با غلظت فلز جیوه بررسی همبستگی بین طول استاندارد ماهیان و وزن آن‌ها با میزان تجمع فلز جیوه در بافت‌های کبد، مغز و عضله نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین مولفه‌های طول استاندارد و وزن ماهی با تجمع فلز جیوه در بافت‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. ورود فلز سرب حاصل از فعالیت‌های انسانی نظیر پساب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی از ساحل به دریا، تردد قایق‌های صیادی، تفریحی و تجاری و ترکیبات نفتی، هم‌چنین ورود مواد آلی و معدنی از سواحل شمالی به سمت سواحل جنوبی دریای خزر، آب توازن نفت‌کش‌ها،صنایع آب‌کاری و تجهیزات الکترونیکی،می‌توان غلظت بالای سرب در ماهیان را به این امر نسبت داد. Esmaili Sari (۲۰۱۲)و Sardashti (۲۰۰۲) نتایج میانگین غلظت فلزات سنگین به‌دست آمده با سایر مطالعات صورت گرفته با فرض این‌که درصد رطوبت در بافت‌های عضله و کبد و مغز حدود ۸۰٪ می‌باشد غلظت‌های به‌دست آمده که بر حسب وزن مرطوب بوده پس از تبدیل به غلظت برحسب وزن خشک به‌ترتیب زیر خواهد بود. مهری‌آسیا و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی سنجش غلظت فلزات سنگین (سرب،کادمیوم و جیوه) درعضله ماهی کفال پوزه باریک *Liza saliens* و ارزیابی خطر ناشی از مصرف آن را در سواحل مازندران پرداختند و نتیجه گرفتند که مقدار سرب در عضله بالاتر از حد مجاز WHO و MAFF (UK) می‌باشد. ولی از نظر استاندارد (FDA) در حد مجاز و مقدار جیوه از هر سه استاندارد تحقیق بسیار بالاتر بود. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق میانگین غلظت سه فلز در بافت عضله گاو ماهی (*Neogobius*

melanostomus) مورد بررسی قرار گرفت مقدار سرب در عضله در ایستگاه بابلسر بالاتر از حد مجاز استاندارد جهانی WHO، MAFF (UK)، FDA و FAO می‌باشد و بالاترین مقدار جیوه در عضله گاو ماهی در ایستگاه رامسر و از نظر استاندارد WHO و MAFF (UK)، FDA و سازمان FAO پایین‌تر می‌باشد. محمدیان و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در عضله و کبد ماهیان کپور *Cyprinus carpio* در سواحل تنکابن پرداختند و نتایج نشان داد که غلظت عنصر سرب در بافت عضله و کبد ماهی‌های کپور بالاتر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی بوده ولی در مقایسه با حد مجاز FDA پایین‌تر از میزان مجاز اعلام شده بود میزان غلظت عنصر کادمیوم در بافت عضله ماهی کفال پایین‌تر از حد مجاز WHO بوده ولی میزان غلظت این عنصر در کبد ماهی کپور بیش‌تر از حد مجاز این سازمان اندازه‌گیری شد نتایج یافته‌های این پروژه نشان داد که غلظت سرب در بافت عضله و کبد گاو ماهی بالاتر از حد مجاز استانداردهای جهانی بوده‌است ولی غلظت کادمیوم در بافت عضله و کبد گاوماهی *Neogobius melanostomus* تا حدودی پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای جهانی FDA می‌باشد. بندانی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم و روی در بافت عضله و کبد *Cyprinus carpio* ماهی کپور در سواحل استان گلستان پرداختند. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، میزان غلظت فلزات سنگین در بافت کبد و عضله بالاتر حد مجاز استاندارد جهانی بود که با تحقیق اخیر مطابقت دارد. محمدی و همکاران (۱۳۸۹) میزان کادمیوم و سرب را در عضله و کبد ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در رودخانه دز، پرداختند بیش‌ترین میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم و سرب در کبد ماهی شیربت بود و در بافت عضله در مقایسه با کبد پایین‌تر بود که با تحقیق اخیر مطابقت دارد. در تحقیق خدابنده و همکاران (۱۳۷۹) در سواحل شرقی خزر (استان گلستان) میانگین غلظت فلزات کادمیوم و سرب در گاوماهی سواحل جنوبی خزر از فریدون‌کنار تا نوشهر به‌ترتیب ۶۹۴/۱ و ۶۵/۳ ppm وزن خشک از غلظت کادمیوم و سرب در ماهی مورد مطالعه در تحقیق حاضر بالاتر است که علت تمام این تفاوت‌ها را می‌توان منابع آلاینده متفاوت در استان‌های گیلان، مازندران و ازجمله ورود مقادیر متفاوت از فاضلاب‌های شهری، صنعتی و به‌ویژه کشاورزی (به‌دلیل کشت پراکنده برنج و تولید فاضلاب‌های آلوده به سموم و کودهای شیمیایی) از ساحل به دریا، ترددمتفاوت و پراکنده نفتکش‌ها، کشتی‌های تجاری و قایق‌های تفریحی و هم‌چنین تفاوت ورود مواد آلی و معدنی به منابع آبی این مناطق دانست.

تشکر و قدردانی

ضمن تشکر از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر ماشینچیان (استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران)، جناب آقای دکتر رامین (مدیر گروه مطالعات آب‌های داخلی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور) سرکار خانم دکتر محبی (کارشناس پژوهشی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور)، جناب آقای مهندس محسنیان (کارشناس آزمایشگاه دانشگاه ازاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران).

منابع

۱. **امینی‌رنجبر، غ.ر. و ستوده‌نیا، ف.، ۱۳۸۴.** تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران. دوره ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۸.

۲. **اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر. چاپ اول، تهران. ۷۶۷ صفحه.

۳. **اسماعیلی‌ساری، ع.؛ نوری‌ساری، ح. و اسماعیلی‌ساری، ا.، ۱۳۸۶.** جیوه در محیط زیست. انتشارات بازرگان، چاپ اول، رشت. ۲۲۶ صفحه.

۴. **الصاق، ا.، ۱۳۹۰.** ارزیابی تراکم روی، مس، کبالت و منگنز در بافت خوراکی ماهیان سفید و کپور دریای خزر. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان. دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۱۰۷ تا ۱۱۳.

۵. **پروانه، م.؛ خیرور، ن.؛ نیک‌پور، ی.؛ نبوی، س.م.ب.، ۱۳۹۰.** غلظت فلزات سنگین در ماهی کفشک گرد و رسوبات خور موسی در استان خوزستان. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۰، شماره ۲، صفحات ۱۵۳ تا ۱۵۸.

۶. **پورمقدس، ح. و شهریاری، ع.، ۱۳۸۹.** غلظت کادمیوم، کروم، سرب، نیکل و جیوه در سه گونه از ماهیان مصرفی شهر اصفهان. مجله تحقیقات نظام سلامت. دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۳۰ تا ۳۶.

۷. **جعفرزاده‌حقیقی، ن.ا. و فرهنگ، م.، ۱۳۸۵.** آلودگی دریا (ترجمه)، انتشارات آوای قلم، چاپ اول، تهران. ۳۹۳ صفحه.

۸. **خدابنده،ص.؛طلایی.ر. وقیومی.ر.، ۱۳۷۹.** تجمع فلزات سنگین در رسوبات و آبزیان دریای خزر. مجله آب و فاضلاب. شماره ۳۹.

۹. **ذوالفقاری، ق.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ قاسمپوری، س.م.؛ قربانی، ف.؛ احمدی‌فرد، ن. و شکری، ز.، ۱۳۸۵.** ارتباط سن، جنسیت و وزن با غلظت جیوه در اندام‌های مختلف ماهی شاه کولی تالاب انزلی (*Chalcalburnus chalcalburnus*). مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۵، شماره ۳ و ۴، صفحات ۲۳ تا ۳۱.

۱۰. **سنجر، ف.؛جواهری، م. و عسکری‌ساری، ا.، ۱۳۸۸.** اندازه‌گیری و مقایسه فلزات سنگین سرب و کادمیوم در عضله و پوست ماهی زمین کن دم نواری منطقه صیادی ماهشهر. مجله بیولوژی دریا. سال ۱، شماره ۴، صفحات ۳۵ تا ۴۶.

۱۱. **شهاب‌مقدم، ف.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ ولی‌نسب، ت. و کریم آبادی، م.، ۱۳۸۹.** مقایسه تجمع فلزات سنگین در عضله سپر ماهی چهارگوش و گیش چشم درشت خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۳، شماره ۲، صفحات ۸۵ تا ۹۴.

۱۲. **صادقی‌راد، م.؛ امینی‌رنجبر، غ.ر.؛ ارشد، ع. و جوشیده، ه.، ۱۳۸۴.** مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب و جیوه) در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون برون حوضه‌جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۷۹ تا ۱۰۰.

۱۳. **صدرالساداتی، ه.؛ فاطمی، م.؛ ماشینچیان، ع. و افشارنسب، م.،۱۳۸۸.**بررسی‌مقایسه میزان تجمع زیستی فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم و سرب) دربافت نرم و پوسته میگو در مزارع پرورش میگوی استان بوشهر. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دنشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران.

۱۴. **فروغی، ر.، اسماعیلی، ع. و قاسم‌پوری، م.، ۱۳۸۶.** بررسی همبستگی‌طول و وزن ماهی‌سفیدسواحل‌مرکزی‌خزرجنوبی‌با تجمع فلزات روی و مس در بافت عضله و کبد. مجله علمی شیلات ایران.

۱۵. **فاضلی، م.ش.، ابطحی، ب. و صباغ‌کاشانی، آ.، ۱۳۸۴.** سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کفال طلایی سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۱۴، شماره ۱، صفحات ۶۵ تا ۷۸.

۱۶. **کلارک،ر.ب.، ۱۳۹۵.** آلودگی دریا. جعفرزاده‌حقیقی، ن.ا. و فرهنگ، م. مترجمان. چاپ اول، تهران. انتشارات آوای قلم. ۳۹۳ صفحه.

۱۷. **نوذری، م.، ۱۳۸۴.** اندازه‌گیری و مقایسه غلظت جیوه در اندام‌های مختلف اردک ماهی (*Lucius esox*) در تالاب انزلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۳ صفحه.

۱۸. **Agah, H.; Leermakers, M.; Marc Elskens, S. and Fatemi, M., 2009.** Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues offive species from the Persian Gulf. Environmental Monitoring Assess. Vol. 157, pp: 499-514.

۱۹. **Agusa, T.; Kunito, T. and Yasunaga, S., 2005.** Concentrations of trace elements in marine fish and its risk assessment in Malaysia. Journal of Marine Pollution. Vol. 51, pp: 896-911.

۲۰. **Ahmad, A.K. and Shuhaimi Othman, M., 2010.** Heavy metal Concentration in Sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences. Vol. 10, No. 2, pp: 93-100.

۲۱. **Berlin, M., 1985.** Handbook of the Toxicology of Metals. Elsevier Science Publishers. (Editors), 2nd ed. London. Vol. 2, pp: 376-405.

۲۲. **Burger, J.; Gochfeld, M.; Jeitner, C.; Burke, S. and Stamm, T., 2007.** Metal levels in flathead Sole (*Hippoglosoides elassodon*) and great scullpin (Myoxocephalus polyacan elassodon) from Adak Island, Alaska: Potential risk to predators and fishermen. Environmental Research. Vol. 103, pp: 62-69.

۲۳. **Burgar, J. and Goldfish, M., 2005.** Heavy metals in commercial fish in new Jersey. Env Res. Vol. 99, pp: 403-412.

۲۴. **Bu Olayan, A.H. and Subrahmanyam, M.N., 1997.** Accumulation of copper, nickel, lead and zinc by snail, Lunella coronatus and Pearl oyster, Pinctada radiata from the Kuwait coast before and after the Gulf War oil spill. Science Total Environment. Vol. 97, pp: 161-165.

۲۵. **Chen, M.H., 2002.** Baseline metal concentration in sediments and fish and the determination of bioindicators in the subtropical, Baseline Marine Poullution Bulletin. Vol. 44, pp: 703-714.

۲۶. **Clark, R.B., 1992**. Marine pollution, Oxford University Press, P. P172. Concentration of Cd, Cu, Cd, Se and Zn in cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) tissue from Tyrrhenian sea and Sicilian sea by derivative stripping Potentiometer. Food Control. Vol. 17, pp: 146-152.

۲۷. **Dalman, O.; Demirak, A. and Balc, A., 2006.** Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry, Food Chemistry. Vol. 95, pp: 162-157.

۲۸. **Dimari, G.A.; Abdulrahman, F.I.; Akan, J.C. and Garba, S.T., 2008.** Metal Concentration in Tissues of Tilapia gallier, Craias lazera and Osteoglossidae Caught from Alau Dam, Maiduguri, Borono State, Nigeria. American Journal of Environmental Sciences. Vol. 4, pp: 373-379.

۲۹. **Dugo, G.; Lapera, L.; Bruzzes, A.; Pellicano, T.M. and Lotorco, V., 2006.** Concentration of Cd, Cu, Pb, Se and Zn in cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) tissue from Tyrrhenian sea and Silcilian sea by derivative stripping potentiometer. Food Control. Vol. 17, pp: 146- 152.

۳۰. **Dural, M.; Goksu, M.Z.L. and Ozak, A.A., 2007.** Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry. Vol. 102, pp: 415-421.

۳۱. **Eboh, L.; Mepba, H.D. and Ekpo, M.B., 2006.** heavy metal contaminats and processing effects on the composition, storage stability and fatty acid profiles of five common commercially available fish species in oron local government, Nigeria. Food Chemistry. Vol. 97, No. 3, pp: 490-497

۳۲. **Esmaelisari, A., 2002.** Pollutants, Health and Environmental Standards, Naghshemehr publication. 769 p.

۳۳. **Fabris, G.; Turoczy, N.J. and Stagnitti, F., 2006.** Trace metals concentration in edible tissue of snapper, flathead, lobster and abalone from coastal waters of Victoria. Australia ecotoxicology & environmental safety. Vol. 63, pp: 286-292.

۳۴. **FAO Yearbook. 2005.** Annuaire anuario fishery statistics capture production. Vol.100/1, 539 P.

۳۵. **Kalay, G. and Bevis, M.J., 2003.** Structure and physical property relationships in processed polybutene. Journal of Applied Polymer Science. Vol. 88, pp: 814-824.

۳۶. **MOOPAM. 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. ROPME. Kuwait. Vol. 20.

۳۷. **Murozumi, M.; Chow, T.J. and Patterson, C.C., 1969.** Chemicall Concentrations of pollution Lead aerosols, terrestrial dusts and sea salts in Greenland and antractic snow strata. Geochemical. Vol. 33, pp: 1247-1294.

۳۸. **Okoye, B.C.O., 1991.** Heavy metals and organisms in the Lagos Lagoon. International Journal of Environmental Studies. Vol. 37, pp. 285-292.

۳۹. **Olowu, R.A.; Ayejuyo, O.O.; Adewuyi, G.U.; Adejoro, I.A.; Denloye, A.A.B.; Babatunde, A.O. and Ogundajo, A.L., 2010.** Determination of Heavy Metals in Fish Tissues, Water and Sediment from Epe and Badagry Lagoons, Lagos, Nigeria. Journal of Chemistry. Vol. 7, No. 1, pp: 215-221.

۴۰. **Romeo, M.; Siau, Y.; Sidoumou, Z. and Gnassia-Barelli, M., 1999.** Heavy metal distribution in different fish specice from the Mauritania coast. Journal of Science of the Total Environment. Vol. 232, No. 3, pp: 75-169.

۴۱. **Turkmen, M.; Turkmen, A. and Tepe, Y., 2008.** Metal contaminattons in five fish spacies from Black, Mediterranean saes of Turkey. Journal of the Chilean Chemical Society.

۴۲. **Weng, P.T.S.; Silverberg, B.A.; Chau, Y.K. and Hodson, P.V., 1978.** laedand Aquatic Biota, InJ.O.(ed) the Biochemistry of Laed in the Environment, Elsevier Holland. Amsterdam. 279 p.

۴۳. **Zauke, G.; Savinov, V.; Ritterhoff, J. and Savinova, T., 1999.** Heavy metalsin fish from Barent Sea, Sci Total Eniviron. Vol. 227, No. 2-3, pp: 161-73.