بررسی و تعیین میزان غلظت فلزات سنگین(سرب، مس، نیکل و کادمیوم) در بافت ماهی هوور(*Thunnus tonggol*) صید شده در آب‌های ساحلی جزیره قشم

محسن دهقانی[1]*؛ مانا فرزین [2]

dehghani933@gmail.com

۱- استادیار گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

۲- دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

تاریخ دریافت: اسفند۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: پاییز۱۳۹۴

چکیده:

آلودگی محیط‌زیست دریایی به واسطه اثرات سمی فلزات سنگین می‌تواند سبب بروز مشکلاتی گردد. از طرفی امکان بزرگنمایی زیستی و راهیابی این فلزات از طریق زنجیره غذایی، سلامت آبزیان و انسان را تهدید می‌نماید. در این تحقیق غلظت چهار فلز سرب، مس، نیکل و کادمیوم موجود در بافت عضله ماهی هوور صید شده در سواحل جزیره قشم اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها بر اساس روش هضم استاندارد آماده سازی شدند و اندازه‌گیری میزان تجمع فلزات سنگین با کمک دستگاه جذب اتمی صورت گرفت. نتایج حاصل نشان داد بیشترین مقدار فلزات سنگین مربوط به عنصر مس با غلظت ۳/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک و کمترین مقدار مربوط به عنصر نیکل با میانگین غلظت ۰/۴۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. میانگین انحراف معیار غلظت سرب، نیکل، کادمیوم و مس و به ترتیب ۰/۳۱±۱/۰۱، ۰/۳۴±۱/۱۵، ۰/۲۹±۰/۶۳ و ۱/۰۸±۲/۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. علیرغم اینکه غلظت برخی از فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در مقایسه با استانداردهای بهداشتی کمتر است، در عین حال آلودگی روز افزون خلیج فارس می‌تواند تهدیدی برای آبزیان محسوب شود.

کلمات کلیدی: ماهی هوور، *Thunnus tonggol*، بزرگنمایی بیولوژیک، فلزات سنگین.

* **نویسنده مسئول**

۱. مقدمه

فلزات سنگین به عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده های محیط آبی در اثر فرآیندهای طبیعی و به صورت عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (۲۷). تخلیه فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی موجب کاهش تنوع زیستی در این اکوسیستم‌های می‌شود (۲۵). فلزات سنگین به طور طبیعی در سطوح مختلف زمین و آب‌های سطحی یافت می‌شوند و در صورتیکه میزان این فلزات کمی بیشتر از میزان طبیعی شود، با توجه به ثبات شیمیایی، تجزیه پذیری ضعیف و قابلیت تجمع زیستی در بدن موجودات زنده، به سرعت تبدیل به آلاینده‌ای سمی می‌شوند (۳۴،۴۰). فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری، پسماندهای صنعتی، کشاورزی و پسماندهای خطرناک، حمل و نقل دریایی و کشتیرانی، فرسایش زمین، نزولات جوی منابع تشکیل دهنده فلزات سنگین در پیکره آبی هستند (۴۴). با انتقال این آلاینده‌ها به محیط‌های دریایی، احتمال جذب و انباشته شدن برخی از فلزات سنگین در بافت آبزیان وجود دارد (۲۴)، زیرا آنها آلاینده‌های پایداری‌اند که برخلاف برخی از ترکیبات آلی، از طریق فرایندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند (۴۳). پایش این فلزات سمی مسئله مهمی برای متخصصان علوم تغذیه، پزشکی و محیط زیست می‌باشد (۲۹). از آنجایی که این آبزیان در بخش‌های مختلف زنجیرهٔ غذایی قرار می‌گیرند، منجر به تجمع بیشتر فلزات در حلقه‌های بالاتر زنجیره‌های غذایی می‌شوند و از طرفی تغذیهٔ انسان از چنین موجوداتی باعث انتقال غلظت‌های بالایی از فلزات سنگین به بافت‌های مختلف بدن آن می‌شود (۳۴). از طرف دیگر، در دهه‌های اخیر مصرف آبزیان هم به علت افزایش جمعیت و هم به علت رویکرد عمومی به مصرف غذاهای حاصل از منابع آبزی، در پی آشکار شدن اهمیت طبی و نقش آنها در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌های، در حال افزایش است (۴۳،۳۷). مطالعات توکسیکولوژیکی مرتبط با آبزیان نشان می‌دهد که تخلیهٔ فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی موجب کاهش تنوع زیستی، همچنین رشد و میزان هم اوری در آن‌ها می‌شود. در خصوص آبزیان خوراکی، علاوه بر موارد برشمرده شده، مصرف این آبزیان موجب بروز مخاطراتی برای مصرف‌کنندگان آنها نیز می‌شود (۲۵).

فلزات سنگین به طور گسترده‌ای بر سلامت انسان و آبزیان تأثیر گذار هستند. اثرات کادمیوم بر کلیه‌ها و استخوان ها به اثبات رسیده است. جذب سرب مشکلاتی را بر سیستم اعصاب مرکزی، آسیب‌های کلیوی، ناتوانی جنسی و کم خونی می‌شود. نیکل مسمومیت‌های آیاتروژنیک را ایجاد می‌کند و جذب بیش از حد مجاز سرب آسیب‌هایی را به سیستم عصب مرکزی و تغییرات نکروتیک کبدی و کلیوی وارد می‌سازد (۱).

در ایران تحقیقات متعددی در زمینه تجمع فلزات سنگین در بدن آبزیان و بویژه ماهیان خلیج فارس انجام شده است. از جمله این تحقیقات می‌توان به مطالعات ناصری و همکاران (۱۳۸۴)، سعیدپور و همکاران (۱۳۸۶)، عسکری ساری و همکاران (۱۳۸۹)، رونق و همکاران (۱۳۸۹)، شهاب مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، ولایت زاده و همکاران (۱۳۸۹)، عسکری ساری و همکاران (۱۳۹۱) و پورباقری و همکاران (۱۳۹۳) اشاره نمود(۲،۵،۶،۸،۱۱،۱۰،۱۴،۱۵). همچنین در پژوهشی در خلیج فارس غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در بافت خوراکی ماهی شوریده به ترتیب ۰/۴۸، ۰/۰۶۴ و ۰/۴۸ میکروگرم بر گرم و در ماهی سرخو ۰/۴۴۲، ۰/۰۶۳ و ۰/۳۲۲ میکروگرم بر گرم در واحد وزن خشک اندازه‌گیری شد (۹). مطالعات دیگری نیز در آبزیان سایر مناطق انجام شده است. به عنوان مثال در چین میزان کادمیوم و سرب در ماهی *Ctenopharyngodon idellus* را به ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۰۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم در واحد وزن‌تر گزارش شده است (۱۴). در منطقهٔ شمالی مدیترانه، غلظت سرب و کادمیوم

در بافت خوراکی ماهی کفال *Mugil cephalus*، به ترتیب ۲/۳۳± ۵/۳۲ و ۰/۰۸±۰/۶۶ میکروگرم بر گرم در واحد وزن خشک (۲۱) و میزان کادمیوم در بافت ماهی شهری گوش قرمز *Letherinus lentjan* سواحل غربی امارات متحده عربی ۰/۰۲ ±۰/۱۱ میکروگرم بر گرم در واحد وزن خشک گزارش شده است (۱۹).

تن ماهیان جزو ماهیان پرمصرف می‌باشند. تون ماهیان از ماهیان مهم اقتصادی و با ارزش از نظر صید صنعتی در آب‌های جهان به شمار می‌روند. این آبزیان به طور وسیعی در آب‌های دریاهای معتدله و گرمسیری از جمله در اقیانوس‌های آرام، اطلس و هند، دریای مدیترانه و دریای سیاه یافت شوند (۲۳). ماهی هوور از گونه‌های مهم و با ارزش اقتصادی خلیج فارس و دریای عمان است که صید سالانه آن در ایران به ده‌ها هزارتن می‌رسد. این تحقیق به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی *Thunnus tonggol* صید شده در اطراف جزیره قشم توسط صیادان محلی می‌پردازد.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه که از نوع مطالعات توصیفی تحلیلی است، به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، مس، نیکل و کادمیوم در بافت عضله ماهی (*Thunnus tonggol*) انجام شده است. منطقه مورد مطالعه سواحل جنوبی و مناطق شیب دراز، صلخ، سوزا و رمچاه جزیره قشم می‌باشد. ابتدا تعداد ۴۳ عدد ماهی در سال ۱۳۸۶ به صورت کاملاً تصادفی از صیادان منطقه تهیه شد. نمونه‌های تهیه شده درون کیسه‌های پلی اتیلنی و فلاسک محتوی یخ قرار داده و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. کلیه نمونه‌ها کد گذاری و سپس با دقت ۱ سانتی‌متر و ۰/۱ کیلوگرم مورد زیست سنجی قرار گرفت. سپس جداسازی بافت عضله با استفاده از کارد استیلی مطابق استاندارد UNEP انجام شد (۳۹،۴۰).

پس از آماده‌سازی ظروف آزمایشگاهی، مقداری از بافت عضله ماهی با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین و در درون آون در دمای ۷۰ درجهٔ سانتیگراد قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. سپس بافت‌های خشک توسط هاون چینی پودر و یک گرم از هر نمونه درون لوله‌های هضم ریخته و به آن ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد) اضافه شد. سپس لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه بر روی هات پلیت در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از هضم، محلول نمونه‌ها به وسیله کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون صاف گردید. محلول صاف شده در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و با آب دو بار تقطیر به حجم رسانده شد (۱۶). به منظور کاهش خطاهای ناشی از ناخالصی‌های حلال به کار رفته، نمونه‌های شاهد نیز به طور جداگانه و در همان شرایط و با همان نسبت اسید و آب تهیه شد (۳۶). پس از کالیبره کردن دستگاه با محلول‌های استاندارد، غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های تهیه شده اندازه گیری شد. مقادیر غلظت محلول‌ها با استفاده از معادله (۱) به مقدار غلظت واقعی بر حسب وزن خشک برای عناصر تبدیل شد (۳۳).

معادله (۱) $$Cr=(Ci*V)/m$$

Cr : غلظت عنصر بر حسب میکروگرم بر گرم

Ci : غلظت عنصر بر حسب میکروگرم بر لیتر

V : حجم نهایی نمونه بر حسب میلی‌لیتر

m : وزن خشک نمونه بر حسب گرم

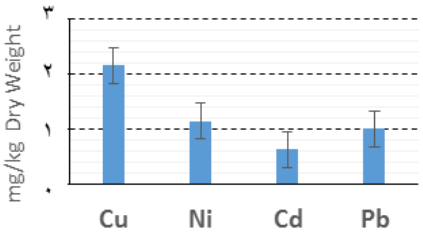
برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SPSS استفاده شد. برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogrov-Smirnov و از آزمون ضریب همبستگی برای مقایسه معناداری نتایج و مقایسه آن با استانداردهای جهانی و از نسخهٔ ۲۰۱۰ نرم افزار Excel برای رسم نمودارها و جداول استفاده شد.

۳. نتایج

پس از انجام آزمون Kolmogrov-smirnov مشاهده شد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار می‌باشند($P<0.05$). جدول ۱ فراوانی و فراوانی نسبی طول ماهیان مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود بیشترین فراوانی مربوط به اندازه ۶۰-۵۶ سانتی‌متر و کمترین فراوانی مربوط به اندازه ۷۰-۶۶ سانتی‌متر است. در جدول ۲ نیز فراوانی و فراوانی نسبی وزن نمونه‌های ماهی را نشان می‌دهد.

نتایج آزمون One-Way Anova نشان داد مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی *Thunnus tonggol* با وزن و طول ماهی رابطه کاملاً معنی داری دارد (جدول ۳). میانگین غلظت سرب ۱/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، میانگین غلظت مس ۲/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، میانگین غلظت نیکل ۱/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و میانگین غلظت کادمیوم ۰/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. مقادیر حداقل، حداکثر و انحراف معیار فزات سنگین اندازه‌گیری شده در جدول ۴ و نمودار ۱ میانگین مقادیر را نشان می‌دهد. ترتیب غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده ماهی *Thunnus tonggol* به ترتیب ذیل می‌باشد:

Cu>Ni>Pb>Cd



نمودار ۱: میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیـــکل و مس در بافت عضـــــــله ماهی تن (Thunnus tonggol)

جدول ۱: فراوانی و فراوانی نسبی طولی مشاهدات نمونه

طول cm	فراوانی	فراوانی نسبی (درصد)	فراوانی نسبی معتبر (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
۵۰-۵۵	۹	۲۱	۲۱	۲۱
۵۶-۶۰	۱۲	۲۸	۲۸	۴۹
۶۱-۶۵	۹	۲۱	۲۱	۷۰
۶۶-۷۰	۳	۷	۷	۷۷
۷۱-۷۵	۶	۱۴	۱۴	۹۱
۷۶-۸۰	۴	۹	۹	۱۰۰
جمع	۴۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

پیوند فیزیکی موجود در جاذب با رنگ راکتیوبلو۴

جدول ۲: فراوانی و فراوانی نسبی وزنی مشاهدات نمونه

وزن Kg	فراوانی	فراوانی نسبی(درصد)	فراوانی نسبی معتبر(درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
۳/۵-۳/۹	۵	۱۲	۱۲	۱۲
۴/۰-۴/۴	۷	۱۶	۱۶	۲۸
۴/۵-۴/۹	۸	۱۹	۱۹	۴۷
۵/۰-۵/۴	۹	۲۱	۲۱	۶۷
۵/۵-۵/۹	۶	۱۴	۱۴	۸۱
۶/۰-۶/۴	۶	۱۴	۱۴	۹۵
۶/۵-۶/۹	۲	۵	۵	۱۰۰
جمع	۴۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۳: ضریب نتایج آزمون One-Way Anova غلظت فلزات سنگین در مقایسه با وزن و طول ماهیان

متغیر	df	F				Sig
		سرب	کادمیوم	نیکل	مس	
طول	۵ ۳۷	۸/۹۹۱	۱۵/۱۷۲	۱۳/۵۰۷	۳۱/۴۷۵	۰/۰۰۰
وزن	۶ ۳۶	۶/۶۱۴	۱۶/۴۱۳	۱۸/۰۰۱	۳۵/۹۳۶	۰/۰۰۰

جدول ۴: غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و مس در بافت عضله ماهی هوور (Thunus tonggol)

نوع فلز	میانگین غلظت ±انحراف معیار	حداقل غلظت	حداکثر غلظت
	(mg/kg dry weight)		
سرب	۳۱/۰±۰۱/۱	۵۸/۰	۱۸/۲
کادمیوم	۲۹/۰±۶۳/۰	۴۵/۰	۹۷/۰
نیکل	۳۴/۰±۱۵/۱	۸۷/۰	۳۴/۱
مس	۰۸/۱±۱۶/۲	۷۶/۱	۰۵/۳

۴. بحث

فلزات سنگین جزو مهمترین آلاینده‌های اکوسیستم‌های دریایی و ساحلی محسوب می‌شود. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد سن، طول (۲۱)، عادات غذایی، نیازهای اکولوژیک و زیستگاه (۳۸)، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات (۳۲)، و ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی آب و نوع بعلت دارا بودن مقادیر زیادی فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم، موجب آلودگی شیمیایی محدوده دریایی این خلیج و حیات آبزیان را فراهم کرده است (۱۹،۲۴،۲۹). نتایج این تحقیق نشان داد غلظت فلزات سنگین مس، کادمیوم، نیکل و سرب در ماهی هوور بدین ترتیب است: Cu>Ni>Pb>Cd، که با تحقیقات Jitar و همکاران(۲۰۱۵) در آبزیان مورد مطالعه در دریای سیاه مطابقت دارد(۲۸).

مقدار کادمیوم اندازه‌گیری شده در این تحقیق از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط Hosseini و همکاران(۲۰۱۵) در چهار گونه *Euryglossa orientalis*, *Liza abu*, *Otolithes ruber* و *Psettodes erumei* بیشتر (۲۶)، در حالی که در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سعیدپور و همکاران (۶) در کفشک گرد و سنجر و همکاران (۷) در زمین کن دم نواری کمتر است. پورباقری و همکاران مقدار مس را در میگوی سفید هندی ۱۸/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گزارش نمودند (۲) که بیشتر از مقدار

تحقیق حاضر با ۲/۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک است. به علاوه مقادیر مس اندازه‌گیری شده با مقادیر ارائه شده توسط خیرور و دادالهی در گونه شیربت با mg/kg ۲/۶۸(۴) و لکزایی و همکاران (۱۳)، در گونه کفال طلایی (۲/۵۲۴ mg/kg) هم خوانی دارد(۴). همچنین مقدار سرب اندازه‌گیری شده در سنگسر و حلوا سفید توسط Agah و همکاران(۲۰۰۹) به مراتب بیشتر از تحقیق کنونی است (۱۷)، در حالی که مقادیر اندازه گیری شده در گونه هامور معمولی(۱۲)، شوریده و حلوا سفید (۳) و کفال طلایی (۱۳) با مقادیر این تحقیق در حد و هم می‌باشد. همچنین این مقدار در مقایسه با مقدار اندازه گیری شده در سرخو(۹) و شوریده (۱۰) کمتر است.

مقدار نیکل در تحقیق کنونی با ۱/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط Hosseini و همکاران (۲۰۱۵) در چهار گونه از ماهیان خلیج فارس است در حالی که این مقدار بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده در گونه شیربت (۴) و میگوی سفید هندی (۲) می‌باشد. Ahmed و همکاران حداکثر غلظت نیکل و سرب را در ماهی هوور صید شده بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۲۷ میکرگرم در گرم وزن خشک اندازه‌گیری نمودند که کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در تحقیق کنونی می‌باشد، در صورتی که غلظت‌های کادمیوم و مس بیشتر تعیین شده است (۱۸). Asmah و Biney مقدار کادمیوم و مس میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک را در هوور مسقطی به ترتیب ۳/۷۱ و ۱/۷۱ گزارش نمودند (۲۰). تفاوت مقدار فلزات سنگین در بین گونه‌ها و همچنین فلزات مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت اکولوژیک آبزیان، تغذیه و رژیم غذایی، اختلاف در میزان جذب و بزرگنمایی بیولوژیک فلزات سنگین، شرایط فیزیکو شیمیایی آب و تفاوت در زیستگاه آبزیان می‌باشد (۳۹، ۳۴ و ۲۹).

مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی تن در مقایسه با استانداردهای جهانی نشان می‌دهد مقادیر مس در نسبت به استانداردهای WHO, FDA, US EPA, NHMRC, UK MAFF و ROPME کمتر است. همچنین میانگین سرب با ۱/۰۱ میلی گرم برکیلوگرم وزن خشک نیز در مقایسه با استانداردهای دیگر کمتر می‌باشد.

میانگین کادمیوم با ۰/۶۳ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن خشک کمتر از استاندارد FDA و در مقایسه با استانداردهای WHO, US EPA, UK MAFF بیشتر است. در خصوص نیکل نیز میانگین اندازه‌گیری شده بیشتر از مقادیر مجاز در WHO, US EPA می‌باشد (جدول ۶). با توجه به سمیت اغلب فلزات سنگین و تفاوت غلظت برخی از فلزات سنگین در مطالعه کنونی در مقایسه با استانداردهای جهانی و مطالعات مشابه در کشورهای دیگر، لازم است اندازه گیری‌ها خصوصاً در آبزیانی که مصرف خوراکی بالایی دارند به صورت مستمر صورت گیرد.

جدول ۵: مقایسه میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و مس در بافت عضله ماهی تن (*Thunnus tonggol*) در تحقیق حاضر با نتایج سایر تحقیقات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

گونه ماهی	نام علمی	منطقه مطالعه	مس	کادمیوم	سرب	نیکل	منابع
سرخو	Lutjanus lemniscatus	بندرعباس	–	۰/۰۶۴	۰/۴۸	–	شهریاری، ۱۳۸۴
کفشک زبان گاوی	Cynoglossus arel	بندرعباس	۰/۶۸	–	–	–	عسکری ساری وهمکاران،۱۳۸۹
کفشک گرد	Euryglossa orientalis	بندرعباس	–	۳۵/۴۴	۹۴/۸۷	–	سعیدپور و همکاران، ۱۳۸۶
هامور معمولی	Epinephelus coiodes	بندرهندیجان	–	۰/۲۳	۱/۱۹	–	گرجی پور و همکاران،۱۳۸۸
سنگسر	Pomadasys sp .	خلیج فارس	–	۲	۹	–	Agah et al., 2009
حلوا سفید	Pampus argenteus	خلیج فارس	–	۱۳	۸	–	Agah et al., 2009
زمین کن دم نواری	Platycephalus indicus	بندرماهشهر	–	۴/۶۶	۱۱/۵۵	–	سنجر و همکاران، ۱۳۸۸
شیربت	Barbus grypus	اروند رود	۲/۶۸	۲/۸۳	۱۶/۴۲	۰/۷۷	خیرور و دادالهی،۱۳۸۹
شوریده	Otolithes rubber	بندرعباس	۰/۰۵۸	۰/۲۷	۰/۶۶	–	عسکری ساری وهمکاران،۱۳۹۱
میگوی سفید هندی	Fennerpenaeus indicus	بندر ماهشهر	۱۸/۹	۰/۴۰۵	۳/۷۱	۰/۶۶۳	پورباقر و همکاران، ۱۳۹۳
شوریده	Otolithes rubber	خرمشهر	–	۰/۵۸	۱/۸۹	۲/۲	خزایی و همکاران، ۱۳۹۲
حلوا سفید	Pampus argenteus	خرمشهر	–	۰/۴۸	۱/۵۲	۰/۴۸	خزایی و همکاران، ۱۳۹۲
کفال طلایی	Liza auratus	کیاشهر و تالش	۲/۵۲۴	۰/۱۰۹	۰/۴۴۱	–	لکزایی و همکاران، ۱۳۹۴
بیاح	Liza aba	خلیج فارس	۶/۹۹	۰/۰۵	۰/۷۵	۴۲/۱۵	Hosini et al., 2015
کفشک تیزدندان	Psettodes erumei	خلیج فارس	–	۰/۱۷	۰/۵۵	۴۴/۴۵	Hosini et al., 2015
هوور	Thunus tonggol	دریای عرب	۱۴/۲۵–۲۲/۳۵	۰/۲۳–۰/۷۱	۰/۱۸–۰/۲۷	۰/۱۸–۰/۳۵	Ahmed et al., 2015
هوور مسقطی	Skipjack Tuna	غنا، جنوب آفریقا	۳/۷۱	۱/۷۱	۰/۴۲	–	Asmah and Biney, 2014
هوور	Thunnus tonggol	قشم	۲/۱۶	۰/۶۳	۱/۰۱	۱/۱۵	تحقیق حاضر

جدول ۶: مقایسه میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و مس در بافت عضله ماهی تن (*Thunnus tonggol*) تحقیق حاضر با حد مجاز استانداردهای بین المللی (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

استانداردها	مس	کادمیوم	سرب	نیکل	منابع
سازمان بهداشت جهانی(WHO)	۱۰	۰/۲	۱/۵	۰/۰۵	Pourang et al., 2005
سازمان غذا و داروی آمریکا(FDA)	۲۰	۱/۰	۵	–	Chen & Chen, 2001
USEPA	۱۲۰	۰/۲	۴	۱	Mishra et al., 2007
ROPME	۰/۰۵–۱۹/۵	۰/۰۱–۰/۷۵	۰/۰۱–۱/۲۸	۰/۰۱–۰/۷۵	ROPME, 1999
وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان(UK MAFF)	۱۰	۰/۲	۲		MAFF, 1995
تحقیق حاضر	۲/۱۶	۰/۶۳	۱/۰۱	۱/۱۵	--

منابع

۱- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، ۷۶۹ ص.

۲- پورباقری، ه.، حسینی، س.و.، خراسانی، ن.، حسینی، س.م. و دلفیه، پ. ۱۳۹۳. مقدار فلزات سنگین در عضلهٔ میگوی سفید هندی(*Fenneropenaeus indicus*) نشریه شیلات. مجله منابع طبیعی ایران. ۶۷ (۱): ۲۴-۱۳.

۳- خزایی، س.، احمدی آلکویی ز. و شهریاریم. ۱۳۹۲. بررسی غلظت فلزات سرب، نیکل و کادمیوم در ماهیان.

۴- مصرفی شهرستان خرمشهر. مجلهٔ علمی پزشکی جندی شاپور. ۱۲: ۴۱۸-۴۰۹.

۵- خیرور، ن. و دادالهی، س. ۱۳۸۹. غلظت فلزات سنگین در رسوبات و ماهی شیربت (*Barbus grypus*) در اروندرود علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۲. (۲): ۱۳۱-۱۲۳.

۶- رونق، م.ت.، سواری، ا.، پاپهن، ف.، نیکپور، ی.، ذواقرنین، ح.، صفاهیه، ع. و سالارآبادی، م.ع. ۱۳۸۹. بررسی میزان فلزات سنگین (کادمیوم، سرب و نیکل) در بافت عضله، آبشش و کبد ماهی کفشک در سواحل دیلم و هندیجان. مجله علوم و فنون دریایی. ۹(۱): ۲۵-۱۳.

۷- سعیدپور، ب.، نبوی، س.م.ب.، صدیق مرتضوی، م. و خشنود، ر. ۱۳۸۶. مقایسه غلظت فلزات سرب و کادمیوم در بافت ماهیچه دو گونه از کفشک ماهیان سواحل استان هرمزگان. مجله پژوهشهای علوم و فنون دریایی. ۲(۴): ۷۱-۶۱.

۸- سنجر، ف.، جواهری، م. و عسکری ساری، 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. ۱(۴): ۴۶-۳۵.

۹- شهاب مقدم، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، ولی نسب، 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. ۱۳(۲) :۹۴-۸۵

۱۰- شهریاری، ع. ۱۳۸۴. اندازه‌گیری مقادیر فلزات

سنگین کادمیوم، کروم، سرب و نیکل در بافت خوراکی ماهیان شوریده و سرخو خلیج فارس در سال ۱۳۸۲. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان. دوره هفتم. شماره ۲. صفحات ۶۵ تا ۶۷.

۱۱- عسکری ساری، ا.، جواهری بابلی، م.، محجوب، ث. و ولایت زاده، م. ۱۳۹۱. میزان فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب) در عضله ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس. مجله علمی شیلات. ۲۱(۳): ۱۰۶-۹۹.

۱۲- عسکری ساری، ا.، ولایت زاده، م. و محمدی، م. ۱۳۸۹. میزان عنصر جیوه در دو گونه ماهی کفشک زبان گاوی و گل خورک در دو منطقه صیادی بندر امام خمینی و بندرعباس. مجله علمی شیلات آزادشهر. ۴(۲):۵۶-۵۱.

۱۳- گرجی پور، ع.، صدوق نیری، ع.، حسینی، ا.ر. و بیتا، س. ۱۳۸۸. بررسی تجمع برخی فلزات سنگین در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی هامور معمولی. مجله علمی. شیلات ایران. ۱۸(۱): ۱۰۸- ۱۰۱.

۱۴- لکزایی، ف.، بابائی، ه.، خداپرست، س.ح. ۱۳۹۴. سنجش فلزات سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در بافت کبد و عضله ماهی کفال طلائی در دو منطقه حوضه جنوب غربی دریای خزر (کیاشهر و تالش). نشریه توسعه آبزی پروری. ۹(۳): ۵۸-۵۱.

۱۵- ناصری، م.، رضایی، م.، عابدی، ع. و افشار نادری، ا. ۱۳۸۴. سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین (آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم) در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز سواحل بوشهر. مجله علوم دریایی ایران. ۴ (۳و۴): ۶۷-۵۹.

۱۶- ولایت زاده، م.، عسکری ساری، عا.، بهشتی، م.، حسینی، م. و محجوب، ث. ۱۳۸۹. بررسی و مقایسه تجمع فلزات سنگین در کنسرو ماهی تون شهرهای شوشتر، اصفهان و همدان. مجله بیولوژی دریا. ۲(۱): ۷۴-۷۱.

17- Abdolahpur Monikh, F., Safahieh, A. R., Savari, A. and Doraghi, A. 2012. Heavy metal concentration in sediment, benthic, benthopelagic and pelagic fish species from Musa Estuary (Persian Gulf). Environmental Monitoring and Assessment. doi: 10. 1007/s10661-012-2545-9.

18- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R. and Baeyens,W. 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five species from the Persian Gulf. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 157: 499-514.

19- Ahmed, Q. and Bat, L. 2015. Accumulations of Zn, Ni, B, Al and Co in Megalaspis cordyla from fish marketed by Karachi Fish Harbor of Pakistan. Int J Fish and Aqua Stud. 2(4): 204-207.

20- Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S. and Al-Ghais, S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus.

21- lentjan fish species in relation to body length and sex. Journal of Science Total Environment. 256: 87-94.

22- Asmah, R. and Bine, C.A. 2014. Distribution of heavy metals in tissues and organs of tuna. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 1(6): 82-86.

23- Canli, M. and Atli, G. 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Journal of Environmental Pollution. 121: 129-136.

24- Chen, Y.C. and Chen, M.H. 2001.

Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters off Ann-Ping, S.W., Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis. 9:107-114.

25-Darvishi, M., Behzadi, S., Salarpouri, A. 2003. Spawning, Fecundity and feeding of longtail tuna (Thunnus tonggol) in The Persian Gulf and Oman Sea (Hormozgan Province coast) Pajouhesh va Sazande. 59, 70-75 (In Persian).

26- Filazi, A., Baskaya, R. and Kum, C. 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish Mugil auratus from Sinop - Icliman, Turkey. Journal of Human and Experimental Toxicology. 22: 85-87.

27- Golovanova, I.L. 2008. Effect of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. Inland Water Biology. 1: 93–101.

28- Hosseini, M., Nabavi, S.M.B., Nabavi S.N. and Adami Pour N. 2015. Heavy metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Fe, and Hg) content in four fish commonly consumed in Iran: risk assessment for the consumers. Environ Monit Assess (2015). 187: 237.

29- Humtsoe, N., Davoodi, R., Kulkarni, B.G. and Chavan, B. 2007. Effect of arsenic on the enzymes of the robu carp, Labio rohita. The Raffles Bulletin of Zoology. 14: 17-19.

30-Jitar,O.,Teodosiu,C.,Oros,A.,Plavan, G, Nicoara, M. 2015. Bioaccumulation of heavy metals in marine organisms from the Romanian sector of the Black Sea. N., Biotechnol. 2015 May 25: 32(3):369-78. doi: 10 .1016/j.nbt.2014.11.004. Epub 2014 Dec 9.

31- Karadede-Akin H. and Unlu,E. 2007. Heavy metals concentrations in water, sediments, fish and some benthic organisms from Tigris river, Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 131: 323-337.

32- MAFF. 1995. Monitoring and surveillance of nonradioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of wastes at sea 1993. Aquatic Environment Monitoring Report No.44. Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.

33- Mishra, S., Bhalke, S., Saradhi, I.V., Suseela, B., Tripathi, R.M., Pandit, G.G., Puranik,V.D. 2007. Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai. Chemosphere. 69: 972–978.

34- Navarro, M.C., Perez-Sirvent, C., Martınez-Sanchez, M.J., Vidal, J. and Marimon, J. 2006. Lead, cadmium and arsenic bioavailability in the abandoned mine site of Cabezo Rajao (Murcia, SE Spain). Chemosphere. 63: 484–489.

35-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. 7(1): 215-221.

36- Ozden, O. 2010. Seasonal differences in the trace metal and macrominerals in shrimp (Parapenaus longirostris) from Marmara Sea. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 162: 191-199.

37- Pourang, N., Dennis, J.H., Ghourchian, H. 2005. Distribution of heavy metals in Penaeus semisulcatus from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage.Environmental Monitoring and Assessment. 100 (1-3): 71-88.

38- Simopoulos, A. 1997. Nutritional aspects of fish. In Luten, J., Borresen T. and Oehlenschlager J. (eds.), Seafood from producer to consumer,integrated approach to quality. Amsterdam, Elsevier. 589-607.

39-Turkmen, A., Turkmen,M., Tepe, Y.I. and Akyurt, I. 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chemistry. 91: 167–172.

40-Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Ates, A. and Gokkus K. 2009. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean Seas: Twelve fish species. Journal of Food Chemistry. 108:794-800.

41- UNEP. 1999. Chemical programme, Global Mercury Assessment Report, chapter 4, Current Mercury Exposures and Risk Evaluations for humans.

42- WHO (World Health Organization). 1996. Health criteria other supporting information. In Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd ed. 2: 31-388.

43- Yi,Y., Wang,Z., Zhang,K.,Yu,G. and Duan, X. 2008. Sediment pollution and its effect on fish through food chain in the Yangtze River. International Journal of Sediment Research. 23: 338–347.

44-Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A. and Tuna, A.L. 2007. Heavy metal levels in two fish species Leuciscus cephalus and Lepomis gibbosus. Food Chemistry. 100: 830-835. doi: 10.1016/j.foodchem. 2005.09 .020.

45-Zhang,N.,Wang,Q.,Zhang,X., Zheng, D., Zhang, Z. and Zhang, S. 2007. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. Science of the Total Environment. 387: 96–104.