تجمع فلز کادمیوم در ماهی شاه کولی (*Chalcalburnus chalcoides*) در اسکله انزلی

افتخار شیروانی مهدوی

گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۱۷

چکیده

تحقیق حاضر به منظور سنجش تجمع فلز کادمیوم در بافت‌های آبشش، تخمدان، پوست و عضله ماهی شاه کولی (*Chalcalburnus chalcoides*) صید شده در محدوده اسکله انزلی در استان گیلان در مساحت حدود ۱۰ کیلومتر مربع و در ۱۲ ایستگاه در خرداد ۱۳۸۷ انجام گرفت. در اندازه‌گیری میزان فلزات پس از بیومتری، جداسازی بافت‌های مورد بررسی و هضم شیمیایی از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای استفاده شد. بر اساس نتایج بدست آمده بین وزن و طول ماهی با میزان فلز در بافت‌های مورد بررسی ارتباط معناداری مشخص نگردید و نیز ماهیان با مرتبه وزنی پایین‌تر دارای مرتبه‌های بالاتر غلظت کادمیوم بودند، در صورتی که تجمع این فلز با مرتبه‌های مختلف غلظت در ماهیان با مرتبه وزنی بالاتر می‌باشد. بیشترین میزان کادمیوم در آبشش (۰/۹۴±۰/۰۱۵) میلی-گرم درکیلوگرم و کمترین آن در عضله (۰/۰۲±۰/۰۱۴) میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. تجمع فلز مورد بررسی در بافت‌ها دارای ترتیب آبشش>پوست>تخمدان>عضله بوده و بین بافت‌های مورد بررسی از نظر تجمع کادمیوم بجز در دو بافت آبشش و پوست تفاوت معنی‌دار به دست آمد (P<۰/۰۵). مقایسه غلظت‌های به دست آمده در تحقیق حاضر با حد مجاز (CODEX,2007) نشان دهنده‌ی به طور معنی‌داری بالاتر بودن میزان کادمیوم در بافت آبشش می‌باشد (P< ۰/۰۵).

واژگان کلیدی: کادمیوم، ماهی شاه کولی، اسکله انزلی، آبشش

* نگارنده پاسخگو: eshirvani@gmail.com

مقدمه

پیشرفت تکنولوژی و افزایش جمعیت در مناطق شهری و روستایی سبب ورود آلاینده‌های گوناگون مانند فلزات سنگین از طریق پساب‌های کشاورزی، صنعتی و فاضلاب‌های شهری به اکوسیستم‌های آبی گشته است. این آلاینده‌ها از جمله عناصر سنگین پس از ورود به محیط‌های آبی در بافت‌ها و اندام‌های آبزیان تجمع می‌یابند.

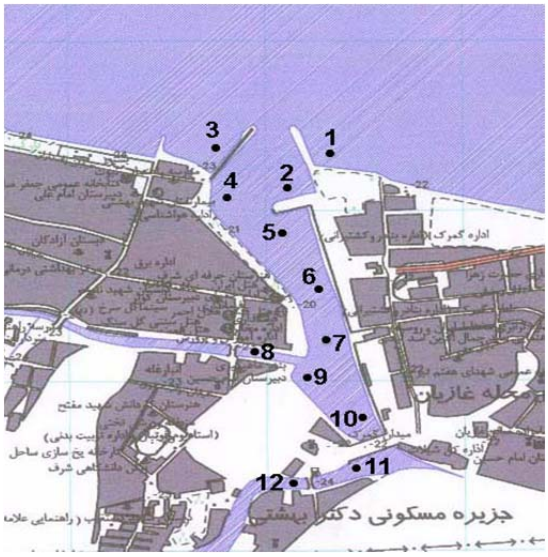
میزان جذب و تجمع عناصر در آبزیان تابعی از شرایط اکولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، نوع عنصر و آبزی و فیزیولوژی بدن جاندار می‌باشد (Jaffar *et al*., 1998). همچنین جنسیت، وزن، سن، عادات غذایی و نوع بافت می‌تواند از عوامل تأثیرگذار باشد (So *et al*., 1999; Fuhrer *et al*.,1996).

فلزات سنگین پس از تجمع در بدن آبزیان وارد زنجیره غذایی شده در نهایت وارد بافت‌های انسانی می‌شوند. عملکرد این عناصر در بدن انسان تابعی از غلظت، خواص فیزیکوشیمیایی، پیوند شیمیایی و حلالیت آن‌ها می‌باشد که بر جذب، تجمع، توزیع در بدن و اثرات فیزیولوژیک فلزات مؤثر خواهد بود (Gharib,2004a). به دلیل اثرات مخرب فلزات مذکور از جمله کادمیوم که دارای اثرات سمی حتی در مقادیر کم می‌باشند (Agbozu *et* al., 2007) کنترل آنها با اندازه‌گیری مداوم در اکوسیستم‌های آبی ضرورت می‌یابد. از مهم‌ترین روش‌های کنترل، انتخاب گونه‌های محتلف ماهی به عنوان بیواندیکاتور آلاینده‌های فلزی در محیط‌های آبی می‌باشد که در این مورد بافت‌های مختلف ماهیان به طور گسترده‌ای به منظور بررسی اثرات فیزیولوژیک فلزات سنگین می‌توانند مورد بررسی قرار گیرند (Obasohan, 2007).

اسکله انزلی در استان گیلان واقع در جنوب غربی دریای خزر به دلیل تردد کشتی‌های تجاری، ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی از ساحل به دریا، از نقطه نظر بررسی آلاینده‌ها نظیر فلزات سنگین مورد توجه می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی فلز کادمیوم در بافت‌های ماهی شاه کولی (*Chalcalburnus chalcoides*) در محدوده این اسکله و مقایسه آن‌ها می‌باشد. همچنین در این تحقیق سعی شده با توجه به داده‌های حاصل، تحلیل عوامل آلودگی فلز کادمیوم در ماهی مذکور که علاوه بر ارزش اقتصادی، نقش مهمی را در سبد غذایی مردم استان‌های شمالی ایران بویژه استان گیلان دارا می‌باشد، انجام گیرد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری در خرداد ۱۳۸۷ در محدوده اسکله بندر انزلی، در مساحت حدود ۱۰ کیلومتر مربع در ۱۲ ایستگاه با فاصله حدود ۵۰۰ متر از هم، انجام شد (شکل ۱). برای نمونه برداری از ماهیان صید شده در هر ایستگاه ۳ عدد ماهی ماده بر اساس روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شد.



شکل۱- پراکندگی ایستگاه‌های نمونه برداری در محدوده اسکله بندر انزلی، خرداد ۱۳۸۷

هضم نمونه‌ها

تمامی ظروف قبل از استفاده با نیتریک اسید ۱۰ درصد و آب مقطر شستشو و به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای 60^{o} c خشک شدند. مواد شیمیایی بکار

رفته از نوع AR (Analytical Reagent) بودند. کلیه نمونه‌ها با آب شهر و آب مقطر شستشو و پس از بیومتری، جداسازی بافت‌ها انجام شد. بافت‌های آبشش، تخمدان، پوست و عضله جدا شده و پس از شستشو با آب مقطر در آون با دمای ۶۰°c به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. یک گرم از نمونه‌های خشک و هموژنیزه شده از هر یک از بافت‌ها به طور جداگانه با ترازو با دقت ±۰/۰۱ وزن و هضم شیمیایی با نیتریک اسید ۶۵ درصد و پرکلریک اسید ۷۰ درصد انجام گرفت (Nollet, 2004). نمونه‌های هضم شده، پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ در بالون ژوژه ۵۰ میلی لیتر به حجم رسانده شدند. برای سنجش میزان کادمیوم در تمامی نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل Varian A110 استفاده گردید.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS V14 انجام شد و میزان فلز در بافت‌های گوناگون با آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) مقایسه شده است. غلظت فلز مورد بررسی در بافت‌های گوناگون در محدوده‌های وزنی و فاصله‌ای مختلف در تعامل با یکدیگر با آنالیز واریانس چند طرفه (GLM) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از بیومتری نمونه‌های ماهی در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول۱- نتایج بیومتری نمونه‌های ماهی شاه کولی محدوده اسکله بندر انزلی، خرداد ۱۳۸۷

شماره ایستگاه	میانگین وزن (گرم) ± انحراف معیار	میانگین طول چنگالی (سانتی‌متر) ± انحراف معیار
۱	۲۹/۱۵±۰/۷۰	۱۳/۹±۰/۳
۲	۵۷/۷۰±۲/۸۲	۱۷/۹±۱/۳
۳	۵۶/۴۵/±۱/۵۸	۱۷/۰±۱/۲
۴	۶۱/۴۰±۵/۴۳	۱۷/۴±۰/۸
۵	۶۳/۲۲±۴/۴۷	۱۷/۸±۱/۴
۶	۶۷/۲۳±۴/۳۵	۱۸/۶±۱/۳
۷	۴۳/۱۴±۲/۴۴	۱۶/۲±۱/۱
۸	۵۱/۷۱±۱/۳۲	۱۷/۹±۰/۹
۹	۷۹/۷۹±۱/۴۱	۱۹/۴±۰/۷
۱۰	۳۷/۹۶±۴/۱۲	۱۵/۱±۱/۷
۱۱	۴۷/۳۹±۱/۷۰	۱۶/۳±۱/۳
۱۲	۵۴/۷۸±۳/۶۰	۱۸/۶±۰/۴
کمترین	۲۹/۱۵	۱۳/۹
بیشترین	۷۹/۷۹	۱۹/۴

نتایج حاصل از سنجش میزان فلز کادمیوم در بافت‌های ماهی در جدول (۲) نشان داده شده است. بر این اساس بیشترین غلظت اندازه‌گیری شده کادمیوم، در بافت آبشش ۰/۹۴ (ایستگاه ۷) و کمترین آن در بافت عضله ۰/۰۲ (ایستگاه ۱۱) میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

جدول۲- میزان کادمیوم در وزن خشک بافت‌های ماهی شاه کولی محدوده اسکله بندر انزلی، خرداد ۱۳۸۷

شماره ایستگاه	انحراف معیار ± میانگین غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)			
	آبشش	پوست	تخمدان	عضله
۱	۰/۲۴±۰/۰۱۳	۰/۱۳±۰/۰۳۶	۰/۰۷±۰/۰۰۳	۰/۰۵±۰/۰۰۸
۲	۰/۳۵±۰/۰۱۰	۰/۱۰±۰/۰۰۸	۰/۰۸±۰/۰۰۶	۰/۰۶±۰/۰۰۸
۳	۰/۰۹±۰/۰۲۱	۰/۱۷±۰/۰۱۸	۰/۱۲±۰/۰۰۲	۰/۰۳±۰/۰۰۵
۴	۰/۲۰±۰/۰۲۵	۰/۲۱±۰/۰۳۰	۰/۱۲±۰/۰۰۹	۰/۰۳±۰/۰۶
۵	۰/۱۵±۰/۰۱۷	۰/۳۸±۰/۰۱۰	۰/۰۷±۰/۰۰۱	۰/۰۶±۰/۰۰۲
۶	۰/۶۷±۰/۰۰۹	۰/۱۴±۰/۰۳۰	۰/۱۱±۰/۰۰۷	۰/۰۳±۰/۰۰۷
۷	۰/۹۴±۰/۰۰۸	۰/۳۲±۰/۰۰۹	۰/۲۲±۰/۰۸	۰/۰۶±۰/۰۰۱
۸	۰/۴۹±۰/۰۲۱	۰/۲۳±۰/۰۲۰	۰/۰۷±۰/۰۰۵	۰/۰۴±۰/۰۴
۹	۰/۴۳±۰/۰۰۷	۰/۱۲±۰/۰۲۱	۰/۱۱±۰/۰۰۴	۰/۰۴±۰/۰۰۸
۱۰	۰/۲۳±۰/۰۱۵	۰/۱۶±۰/۰۱۴	۰/۱۳±۰/۰۰۲	۰/۰۸±۰/۰۰۱
۱۱	۰/۲۸±۰/۰۰۴	۰/۰۷±۰/۰۰۹	۰/۰۳±۰/۰۰۵	۰/۰۲±۰/۰۰۴
۱۲	۰/۲۱±۰/۰۰۵	۰/۱۴±۰/۰۱۰	۰/۱۰±۰/۰۰۱	۰/۰۳±۰/۰۰۵
کمترین	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۲
بیشترین	۰/۹۴	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۰۸

جدول (۳) جدول توافقی میزان کادمیوم در بافت‌های مورد بررسی می‌باشد گه بیانگر میزان جذب رتبه‌های مختلف غلظت فلز اشاره شده بر اساس رتبه‌بندی بافت است.

جدول۳- جدول توافقی میزان کادمیوم در بافت‌های ماهی شاه کولی محدوده اسکله بندر انزلی، خرداد ۱۳۸۷

			میانگین میزان کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)							
			<۰/۱۱	۰/۱۱-۰/۲۰	۰/۲۱-۰/۳۰	۰/۳۱-۰/۴۰	۰/۴۱-۰/۵۰	۰/۵۱-۰/۷۰	۰/۷۱-۱/۰۰	
			رتبه بندی میزان کادمیوم							
			۰	۱	۲	۳	۴	۵	۰	کل
رتبه بندی بافت‌ها	(۱) آبشش	فراوانی	۱	۲	۴	۱	۲	۱	۱	۱۲
		درصد آبشش	۸/۳	۱۶/۷	۳۳/۳	۸/۳	۱۶/۷	۸/۳	۸/۳	۱۰
		درصد رتبه کادمیوم	۵	۱۴/۳	۵۷/۱	۳۳/۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۵
	(۲) تخمدان	فراوانی	۶	۵	۱	۰	۰	۰	۰	۱۲
		درصد تخمدان	۵۰	۴۱/۷	۸/۳	۰	۰	۰	۰	۱۰
		درصد رتبه کادمیوم	۳۰	۳۵/۷	۱۴/۳	۰	۰	۰	۰	۲۵
	(۳) پوست	فراوانی	۱	۷	۲	۲	۰	۰	۰	۱۲
		درصد پوست	۸/۳	۵۸/۳	۱۶/۷	۱۶/۷	۰	۰	۰	۱۰
		درصد رتبه کادمیوم	۵	۵۰	۲۸/۶	۶۶/۷	۰	۰	۰	۲۵
	(۴) عضله	فراوانی	۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲
		درصد عضله	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰
		درصد رتبه کادمیوم	۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵
کل		فراوانی	۲۰	۱۴	۷	۳	۲	۲	۱	۴۸
		درصد کل بافت‌ها	۴۱/۷	۲۹/۲	۱۴/۶	۶/۳	۴/۲	۲/۱	۲/۱	۱۰
		درصد رتبه کادمیوم	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول (۳) نشان دهنده‌ی تجمع فلز کادمیوم در محدوده غلظت‌های مختلف در بافت‌های گوناگون می‌باشد که بر اساس آن تجمع این فلز در بافت‌ها دارای ترتیب آبشش > پوست > تخمدان > عضله به دست آمد. جدول (۴) جدول توافقی میزان کادمیوم در بافت‌ها بر اساس وزن را نمایش می‌دهد و بیانگر میزان جذب رتبه‌های مختلف غلظت فلز در بافت‌های مورد بررسی بر اساس رتبه‌بندی وزن است. جدول (۵) ضرایب همبستگی حاصل از سنجش کادمیوم در بافت‌های ماهی شاه کولی می‌باشد.

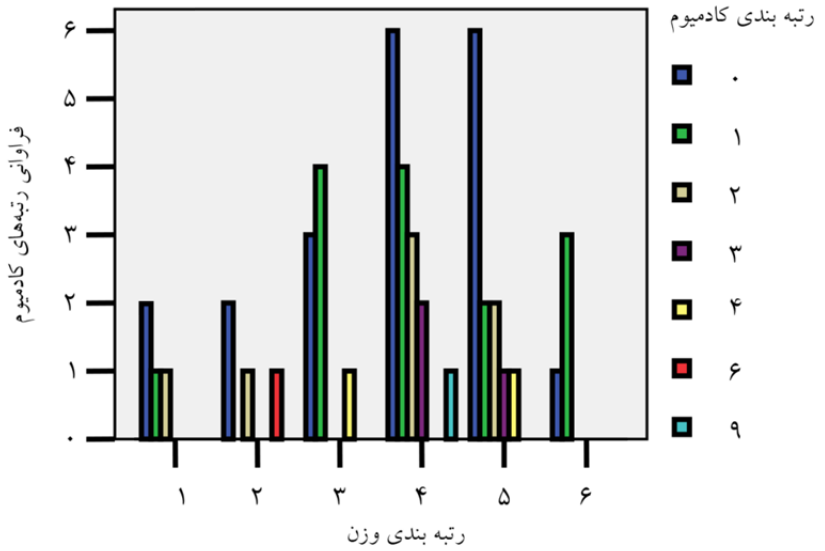
جدول۴- جدول توافقی میزان کادمیوم بر اساس وزن ماهی شاه کولی محدوده اسکله بندر انزلی، خرداد ۱۳۸۷

			میانگین میزان کادمیوم (میلی‌گرم درکیلو گرم)							
			<۰/۱۰	۰/۱۱-۰/۲۰	۰/۲۱-۰/۳۰	۰/۳۱-۰/۴۰	۰/۴۱-۰/۵۰	۰/۵۱-۰/۷۰	۰/۷۱-۱/۰۰	
			رتبه بندی میزان کادمیوم							
			۰	۱	۲	۳	۴	۷	۰	کل
رتبه بندی وزن	۱(گرم ۳۰-۲۰)	فراوانی	۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۴
		درصدرتبه وزن	۵۰	۲۵	۲۵	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
		درصد رتبه کادمیوم	۱۰	۷/۱	۱۴/۳	۰	۰	۰	۰	۸/۳
	۲(گرم ۴۰-۳۰/۰۱)	فراوانی	۲	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۴
		درصد رتبه وزن	۵۰	۰	۲۵	۰	۰	۲۵	۰	۱۰۰
		درصد رتبه کادمیوم	۱۰	۰	۱۴/۳	۰	۰	۱۰۰	۰	۸/۳
	۳(گرم ۵۰- ۴۰/۰۱)	فراوانی	۳	4	۰	۰	۱	۰	۰	۸
		درصد رتبه وزن	۳۷/۵	۵۰	۰	۰	۱۲/۵	۰	۰	۱۰۰
		درصد رتبه کادمیوم	۱۵	۲۸/۶	۰	۰	۵۰	۰	۰	۱۶/۷
	۴(گرم ۶۰- ۵۰/۰۱)	فراوانی	۶	۴	۳	۲	۰	۰	۱	۱۶
		درصد رتبه وزن	۳۷/۵	۲۵	۱۸/۸	۱۲/۵	۰	۰	۶/۳	۱۰۰
		درصد رتبه کادمیوم	۳۰	۲۸/۶	۴۲/۹	۶۶/۷	۰	۰	۱۰۰	۳۳/۳
	۵(گرم ۷۰- ۶۰/۰۱)	فراوانی	۶	۲	۲	۱	۱	۰	۰	۱۲
		درصد رتبه وزن	۵۰	۱۶/۷	۱۶/۷	۸/۳	۸/۳	۰	۰	۱۰۰
		درصد رتبه کادمیوم	۳۰	۱۴/۳	۱۸/۶	۳۳/۳	۵۰	۰	۰	۲۵
	۶ (گرم ۸۰- ۷۰/۰۱)	فراوانی	۱	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۴
		درصد رتبه وزن	۲۵	۷۵	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
		درصد رتبه کادمیوم	۵	۲۱/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۸/۳
کل		فراوانی	۲۰	۱۴	۷	۳	۲	۱	۱	۴۸
		درصد کل رتبه وزن	۴۱/۷	۲۹/۲	۱۴/۶	۶/۳	۴/۲	۲/۱	۲/۱	۱۰۰
		درصد رتبه کادمیوم	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

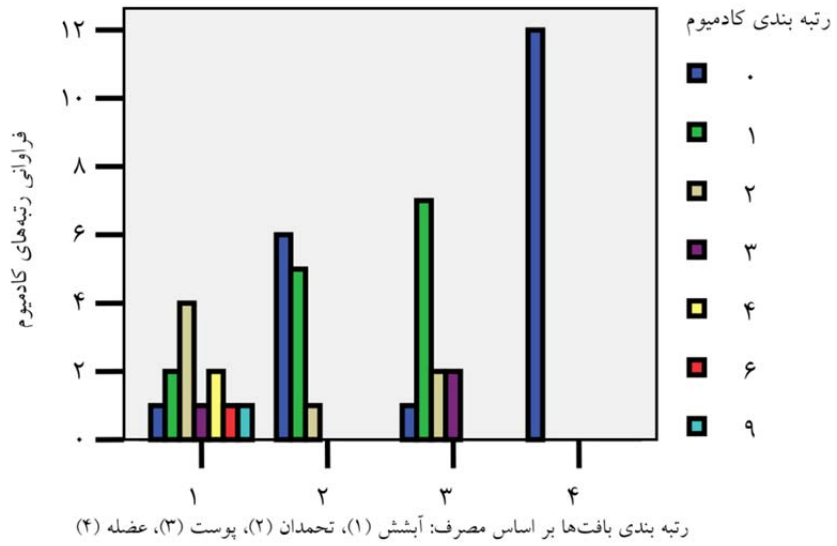
جدول۵- ضرایب همبستگی حاصل از آنالیز بافت‌های ماهی شاه کولی محدوده اسکله بندر انزلی، خرداد ۱۳۸۷

n=36		آبشش	پوست	تخمدان	عضله
	r	۱			
آبشش	P	.			
	r	۰/۲۰۹	۱		
پوست	P	۰/۵۱۴	.		
	r	۰/۵۷۷	۰/۴۰۱	۱	
تخمدان	P	۰/۰۴۹	۰/۱۹۶	.	
	r	-۰/۱۹۵	۰/۱۸۹	-۰/۱۱۷	۱
عضله	P	۰/۵۴۴	۰/۵۵۵	۰/۷۱۸	.

شکل (۲) نمودار توافقی میزان کادمیوم در بافت‌ها بر اساس وزن و شکل (۳) نمودار توافقی میزان کادمیوم در بافت‌های مورد بررسی می‌باشد.



شکل۲– نمودار توافقی میزان کادمیوم در بافت‌ها بر اساس وزن در ماهی شاه کولی محدوده اسکله انزلی، خرداد ۱۳۸۷



شکل۳– نمودار توافقی میزان کادمیوم بر اساس بافت‌های ماهی شاه کولی محدوده اسکله انزلی، خرداد ۱۳۸۷

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج جدول (۲) بیانگر آن است که بیشترین تجمع کادمیوم در بافت آبشش در ایستگاه شماره ۷ می‌باشد که این امر می‌تواند به دلیل تردد کشتی‌های تجارتی و آلودگی‌های ناشی از حمل و نقل دریایی باشد. کمترین میزان کادمیوم در بافت عضله در ایستگاه شماره ۱۱ به دست آمد که دوری از اسکله و فعالیت‌های بندری کمتر را در این مورد می‌توان ذکر نمود. همبستگی

میزان فلز در بافت‌های مورد بررسی با وزن و طول چنگالی ماهی با آزمون pearson، بیانگر عدم ارتباط معنی‌دار بین میزان کادمیوم در بافت‌ها با وزن و طول ماهی می‌باشد (P≥۰/۰۵). در تحقیقی که توسط ذولفقاری و همکاران در سال ۱۳۸۶ به منظور سنجش جیوه در بافت‌های ماهی شاه کولی در تالاب انزلی انجام گرفت، تفاوت معنی‌دار بین غلظت و طول استاندارد ماهی گزارش نشد در صورتیکه بین وزن و غلظت فلز تفاوت معنی‌دار (P< ۰/۰۵) مشاهده شده بود.

جدول (۳) بیانگر تجمع فلز کادمیوم در محدوده غلظت‌های مختلف در بافت‌های گوناگون می‌باشد که بر اساس آن تجمع این فلز در بافت‌ها دارای ترتیب آبشش > پوست > تخمدان > عضله می‌باشد. معمولاً عضله به دلیل میزان کمتر سیستئین و متیونین دارای تجمع فلزی کمتر می‌باشد (Newman *et al.*,2003). همچنین بافت آبشش از جمله اندام‌های با تجمع زیاد فلزات سنگین محسوب می‌گردد. (Munn *et al.*, 1997; Obasohan, 2007) ولی در تحقیقات متعددی میزان فلز کادمیوم در کبد بیشتر از عضله گزارش شده است. (Gaspic *et al.*, 2002; Meador *et al.*, 2005; Karaytug *et al.*,2007) جدول ۴ نشان می‌دهد که ۲۵ درصد ماهیان با محدوده وزنی ۳۰-۲۰ گرم و ۶/۳ درصد ماهیان با محدوده وزنی ۵۰-۴۰ گرم دارای بالاترین محدوده غلظت کادمیوم (۰/۹-۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشند. همچنین محدوده غلظت ۰/۸-۰/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم، منحصر به ماهیان با محدوده وزنی ۲۰-۱۰ گرم می‌باشد و نیز تجمع این فلز با غلظت‌های متفاوت در محدوده وزنی ۵۰-۴۰ گرم و ۶۰-۵۰ گرم صورت گرفته است. در مجموع نتایج بیانگر آن می‌باشد که ماهیان با محدوده وزنی کمتر دارای محدوده غلظت بیشتر کادمیوم می‌باشند درصورتیکه تجمع این فلز در محدوده غلظت‌های مختلف در ماهیان با محدوده وزنی بیشتر می‌باشد.

جدول (۵) بیانگر چگونگی همبستگی کادمیوم در بافت‌های مورد بررسی است. بر اساس آن ضریب همبستگی بافت تخمدان و آبشش از نظر تجمع کادمیوم دارای ۰/۵۷۷ می‌باشد و مشخص می‌کند که جذب نمک‌های محلول کادمیوم توسط آبشش، نقش بیشتری را در تجمع کادمیوم در تخمدان دارد اگرچه اختلاف آن با عدد ۱ نشان دهنده تأثیر عوامل جذب دیگر نظیر جذب گوارشی و سطحی نیز می‌باشد.

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) بیانگر آن می‌باشد که به جز در دو بافت آبشش و پوست در سایر بافت‌ها از نظر تجمع فلز نسبت به یکدیگر تفاوت معنی دار وجود دارد (P<۰/۰۵).

مقایسه غلظت فلز کادمیوم در بافت‌های گوناگون با توجه به رتبه بندی وزن و فاصله به تنهایی با آزمون ANOVA تفاوت معنی‌داری را از نظر غلظت در بافت‌ها تحت تأثیر هر یک به تنهایی نشان نداد (P≥۰/۰۵). در صورتی که مقایسه غلظت فلز مورد بررسی در بافت‌های گوناگون در محدوده‌های وزنی و فاصله‌ای مختلف در تعامل با یکدیگر با آنالیز واریانس چند طرفه (GLM) مورد بررسی قرار گرفت و تفاوت معنی‌دار را مشخص نمود (P <۰/۰۵).

مقایسه غلظت فلز کادمیوم در بافت‌های مورد بررسی با استاندارد CODEX، تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) در بافت آبشش را نشان داد، در صورتی که در بافت پوست تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید (P≥۰/۰۵). در مورد بافت‌های عضله و تخمدان میزان فلز پایین‌تر از استاندارد می‌باشد. در ایجاد آلودگی علاوه بر تردد کشتی‌های تجارتی و فعالیت‌های بندری، ورود مستقیم و غیر مستقیم فاضلاب‌های شهری و پساب‌های کشاورزی و صنعتی می‌تواند مؤثر باشد. (Rashed, 2001) در این مورد تأثیر پذیری سواحل جنوب غربی دریای خزر از جریان‌های شمال غربی به جنوب غربی این دریا که سبب ورود آلاینده‌های آلی و معدنی از سواحل آذربایجان به این منطقه می‌گردد را نیز می‌توان ذکر نمود (فاضلی و همکاران، ۱۳۸۴).

ذکر این نکته نیز حائز اهمیت می‌باشد که بر اساس

پژوهش Gharib و همکاران در سال ۲۰۰۳ متوسط میزان دریافت روزانه کادمیوم در زنان ایرانی ۰/۰۲۷ و در مردان ایرانی ۰/۰۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. همچنین متوسط میزان دریافت روزانه کادمیوم در مردم استان‌های شمالی کشور ۰/۱۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم است (Gharib, 2004b) که با توجه به مقادیر مذکور و نیز جایگاه ماهی شاه کولی در رژیم غذایی مردم استان‌های شمالی کشور بالاخص استان گیلان، کنترل منابع آلاینده به منظور رفع آلودگی محدوده اسکله بندر انزلی ضرورت می‌یابد. زیرا مصرف ماهی مورد بررسی به دفعات زیاد، امکان تجمع کادمیم را در بدن انسان افزایش خواهد داد که این مسئله ممکن است سبب گردد میزان دریافت فلز از حداکثر مجاز دریافت هفتگی کادمیوم در بزرگسالان که ۰/۰۰۷ میلی‌گرم در هر کیلوگرم وزن بدن می‌باشد (ENHIS, 2007) فراتر رفته و موجب بروز برخی بیماری‌ها گردد.

منابع

ذوالفقاری، ق.، قربانی، ف.، احمدی فرد، ن. و شکری، ز. ۱۳۸۷. سنجش میزان جیوه در بخش‌های مختلف ماهی شاه کولی و مقایسه آنها. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست ایران، تهران.

فاضلی، م. ش.، ابطحی، ب. و صباغ کاشانی، آ. ۱۳۸۴. سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافت‌های ماهی کفال سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۴: ۷۷ – ۶۵.

Agbozu, I. E., Ekweozor, I. K. E. & Opuene, K. 2007. Survey of heavy metals in the catfish (*Synodontis clarias*). *Environmental Science & Technology,* 4: 93 – 97.

Codex Alimentarius Commission. 2007. Joint FAO/WHO food standard program. Codex committee on methods of analysis and sampling, twenty-eighth sessions. Budapest, Hungary.

European Environment and Health Information System (ENHIS).2007. Exposure of children to chemical hazards in food. WHO European Center for Environment and Health, Bonn.

Fuhrer, G. J., Cain, D. J., Mckenzie, S. W., Rinella, J. F., Crawford, J.K., Skach, K. A. & Hornberger, M. L. 1996. Spatial and temporal distribution of trace elements in water, sediment and aquatic biota. *U.S. Geological Survey, 2354:160 – 172.*

Gašpić, Z. K., Zvonarić, T., Vrgoč, N., Odžak, N. & Barič, A. 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. *Water Research,* 36, 5023–5028.

Gharib, A. G., Fatoorechian, S. & Ahmadiniar, A. 2003. Determination of essential major and trace elements in daily diets by comparative methodologies and alterations. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology,* 1: 43 – 53.

Ghrib, A. G. 2004a. Toxicologically important trace elements in Iranian diets. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry,* 262: 93 – 96.

Ghrib, A. G. 2004b. Newer trace elements in Iranian diets. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry,* 262: 199 – 204.

Jaffar, M., Ashraf, M. & Rasoal, A. 1988. Heavy metal contents in some selected local freshwater fish and relevant waters. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research,* 31: 189 – 193.

Karaytug, S., Erdem, C. & Cicik, B. 2007. Accumulation of cadmium in the gill, liver, kidney, spleen, muscle and brain tissues of *Cyprinus carpio Ekoloji,* 63:16-22.

Meador, J., Ernest, D. & Kagley, A. 2005. A comparison of the nonessential elements cadmium, mercury and lead found in fish and sediment from Alaska and California. *Science of the Total Environment,* 339:189–205.

Munn, M. D., Cox, S. E. & Dean, C. J. 1997. Concentrations of mercury and other trace elements in Walleye, Smallmouth Bass, and rainbow trout in Franklin D. Roosevelt Lake and the Upper Columbia River, Washington. Report of U.S. Geological Survey**,** Earth Science Information Center. USA.

Newman, M. C. & Unger, M. A. 2003. Fundamentals of ecotoxicology. CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Nollet, Leo M. L. 2004. Hand book of food analysis. CRC Press, USA.

Obasohan, E. E .2007. Heavy metals concentrations in the offal, gill, muscle and liver of a freshwater mudfish (*Parachanna obscura*) from Ogba River, Benin city, Nigeria. *African Journal of Biotechnology,* 6: 2620 – 2627.

Rashed, M. N. 2001. Cadmium and lead levels in fish (*Tilapia nilotica)* tissues as biological indicator for lake water pollution. *Environmental Monitoring and Assessment,* 68: 75 – 89.

So, R. Y., Cheung, R. Y. & Chan, K. M. 1999. Metal concentrations in the tissues of Rabbit fish (*Sigamus orgamin*) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hongkong. *Marine Pollution Bulletin,* 39:234 – 238.