

بررسی تأثیر غلظت کادمیوم بر روی میزان آهن خون ماهی کپور معمولی

سید قاسم قربان زاده زعفرانی^{۱*}

Ghorbanzadeh110@yahoo.com

شهلا جمیلی^۲

جیبب اله ناظم^۳

فرهاد عربی^۴

امید رضا تونی^۴

تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۳۱

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: مطالعه حاضر، به منظور بررسی تأثیر غلظت کادمیوم (Cd) بر روی میزان آهن خون کپور معمولی انجام شد. **روش بررسی:** نمونه برداری به صورت تصادفی به وسیله تور کششی از استخر پرورشی واقع در یابل انجام شد. ابتدا ماهیان طی ۴۸ ساعت با شرایط آزمایشگاه سازگاری یافته و سپس در قالب ۴ گروه شامل گروه شاهد و سه گروه آزمون با غلظت متفاوت (A = ۷/۱۲۷ mg/L, B = ۸/۶۵۶ mg/L, C) قرار گرفتند. تعداد آکواریوم ها ۱۲ عدد و تعداد ماهیان هر آکواریوم ۱۲ قطعه بود. در طول آزمایش سعی شد تا شرایط محیطی یکسانی برای تمامی آکواریوم ها لحاظ گردد. خون گیری از ماهیان در زمان ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت از ورید دمی و قلب انجام شد. غلظت کادمیوم و آهن خون پس از هضم اسیدی نمونه های خونی به وسیله ماکروویو، با دستگاه ICP-OES اندازه گیری شد.

یافته ها: میانگین وزنی و طولی (طول کل) ماهیان به ترتیب ۱۶۳/۶ گرم و ۲۳/۶ سانتی متر بود. در این مطالعه مشخص گردید که میزان جذب کادمیوم در زمان های بیشتر، متمایزتر می باشد و به طور کلی افزایش معنی داری ($P < 0.05$; $n=3$) در طول زمان در غلظت های کادمیوم خون (در مقایسه با شاهد) مشاهده می شود که چون خون به عنوان ناقل عمل می کند و محل انتقال فلزات سنگین چون کادمیوم به ارگان های هدف می باشد، روند مشخصی ندارد.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور اصفهان و کارشناس محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست تهران، * (مسئول مکاتبات)

۲- استادیار موسسه تحقیقاتی شیلات، تهران، ایران

۳- استادیار دانشگاه پیام نور، تهران

۴- کارشناس محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران

بحث و نتیجه گیری: با رد فرضیه " غلظت یون کادمیوم با تداخل با آهن خون ماهی کپور معمولی تاثیر معنی داری بر کاهش میزان آهن موجود در خون دارد"، ارتباط معنی داری ($P < 0.05$; $n=3$) بین افزایش کادمیوم جذب شده در خون و تغییرات آهن خون مشاهده نشد که می توان نتیجه گرفت احتمالاً جایگزینی و تداخل کادمیوم با آهن خون در گردش خونی رخ نمی دهد و تغییرات آهن خون در طول آزمایش تاثیر غلظت کادمیوم، احتمالاً به دلیل ایجاد تغییرات فیزیولوژیک ناشی از استرس در خون ماهی می باشد.

واژه های کلیدی: کادمیوم، آهن، خون کامل، سمیت، کپور معمولی (Cyprinus carpio)

مقدمه

هم چنین مسمومیت حاد در کپور معمولی باعث کاهش میزان لوکوسیتها، افزایش سرعت رسوب گذاری گلبول قرمز و افزایش تعداد گلبول قرمز نابالغ می شود. اگر ماهی به مدت سه هفته در آب سالم قرار گیرد، این وضعیت به حال اول بر می گردد (۲). سبسکا^۴ (۲۰۰۱) گزارش نمود که افزایش میزان آهن بعد از مسمومیت، به احتمال زیاد به دلیل تخریب اریتروسیت ها و آزاد شدن آهن موجود در آن ها می باشد. چنین تغییرات مشابه توسط ویتسکا^۳ (۱۹۹۸) با مطالعه بر روی اثرات کادمیوم روی هماتولوژی کپور معمولی گزارش شد (۱).

۴. تغییر رفتاری: تغییرات مشخصی در الگوی رفتاری ماهی کپور معمولی هنگامی که در معرض کادمیوم با غلظت ۶/۱۲ میلی گرم در لیتر قرار می گیرد، مشاهده شده است. این تغییرات عبارتند از تحریک پذیری شدید، حرکات سریع و انقباضی، تشنج و نهایتاً ترشح مخاط به مقدار زیاد. با بالا رفتن غلظت به میزان ۸ میلی گرم در لیتر، فعالیت کمتر شده، ماهی در کف بستر ساکن می شود. (۲).

۵. تغییر در تکامل جنینی و اختلالات کروموزومی: اگر نیترات کادمیوم با غلظت ۰/۱۸ ppm و ۰/۳۲ ppm به مدت ۴۸ ساعت بر کروموزوم های متافازی ماهی کپور معمولی اثر داده شود، انحرافات شدید کروموزومی ایجاد می کند. به طور کلی در تمام

ماهی موجودی است که همیشه در ارتباط با آب بوده و سهم مهمی در رژیم غذایی انسان دارد. به همین دلیل ممکن است یکی از منابع مواد زنبیوتیک^۱ برای انسان باشد. زنبیوتیک ترکیبات شیمیایی دیرپایی است که به صورت طبیعی وجود ندارند. مشاهده پارامتر های خونی، سریع ترین روش ردیابی و آشکار ساختن تغییرات در ماهی می باشد. سرعت اثرات سمی فلزات سنگین، مرتبط با عمل انتقال خون می باشد. از آن جا که به وسیله خون، فلزات به تمام بخش های بدن پخش می شوند، بنابراین سنجش اثرات سمی فلزات سنگین از طریق نتایج حاصل از بررسی های پارامتر های خونی تسهیل می گردد (۱).

کپور معمولی از طریق آب آلوده و هم از طریق غذای آلوده می تواند دچار آلودگی با این فلز گردد. تأثیرات کادمیوم بر ماهی مذکور را می توان به ۵ گروه تقسیم نمود (۲):

۱. تغییرات مورفولوژیک (ظاهری)، تغییر شکل استخوان ها و کاهش تراکم کلسیم در آن.
۲. تجمع بافتی: به طور کلی بیشترین تجمع کادمیوم در ماهی کپور معمولی در آبشش ها، کلیه ها، لوله های گوارش، هیپوتوپانکراس و با شدت کمتری در طحال و ستون مهره ها دیده می شود.
۳. تغییر پارامترهای خونی: از لحاظ خون شناسی، تجمع کادمیوم به طور مشخص تعداد گلبول قرمز، مقدار هموگلوبین، میزان هماتوکریت و گلوکز خون را بالا برده ولی تعداد لوکوسیت ها را پایین می آورد.

شد. سپس ۱۲ عدد ماهی به طور تصادفی به هر آکواریوم منتقل گردید.

در طول آزمایش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شامل دما ($^{\circ}\text{C}$) (۲۱/۱)، هدایت الکتریکی ($451/2 \mu\text{S/cm}$)، غلظت اکسیژن محلول (8 mg/L)، pH ($7/7$) و شوری (در حد صفر) توسط دستگاه مولتی پارامتر WTW ثبت گردید.

پس از طی زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت، خون گیری از ساقه دمی و قلب ماهیان به صورت تصادفی و به وسیله سرنگ ۲ میلی لیتری آغشته به محلول EDTA انجام شد که پس از بیهوشی با محلول گل میخک و ثبت طول کل و وزن آن ها صورت گرفت (۳ و ۴). میانگین وزنی و طولی (طول کل) ماهیان به ترتیب $163/6$ گرم، $23/6$ سانتی متر بود. تقریباً $1/5$ میلی لیتر خون درون ظروف مخصوص (فالکن های ۱۵ میلی لیتری کد گذاری شده) ریخته و حجم و وزن خون نیز یادداشت گردید.

نمونه ها با استفاده از اسید نیتریک غلیظ ۶۵٪ (supra pure, merck) به وسیله دستگاه ماکروویو BERGHOF مدل MWS-2 هضم گردید. نمونه های هضم شده با آب دیونیزه به حجم ۱۰ میلی لیتر رسید و با روش اسپکترومتری نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی^۱ (۵) به وسیله دستگاه ICP- Spectroscopy مدل Thermo Company ICAP 6500، آنالیز گردید. در آنالیز دستگاهی حداقل ۲ نمونه بلانک برای هر آنالیز آماده و مقدار متوسط اندازه گیری شده فلز در بلانک از غلظت کادمیوم نمونه خونی کم شد.

در این مطالعه تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از مقایسه میانگین ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA)، آزمون Tukey، ضریب همبستگی Pearson (r)، ضریب تعیین کنندگی (r^2) برای پی بردن میزان درصد نقش کادمیوم محیط در غلظت کادمیوم درخون، استفاده از میانگین ضرایب تشابه (Unweighted Average Linkage Clustering) برای گروه های مختلف آزمون جهت دسته بندی زمان های آزمون براساس غلظت عناصر آهن، کادمیوم به صورت نمودار درختی

مراحل تکامل که شامل تخم، تخم زرده دار، تخمی که زرده اش جذب شده، نوزاد، انگشت قدها می باشد، تغییرات قابل توجهی در اثر مجاورت با کادمیوم ایجاد می شود (۲).

با توجه به مطالب فوق، این نکته یادآور می گردد که موضوع این تحقیق جدید بوده و موضوعات مشابه موجود غالباً در مورد اثر سمیت یون های فلزی بر روی پارامترهای خونی، آهن سرمی و نیز تداخل آهن موجود در رژیم غذایی و فلزات سنگین ضروری یا غیرضروری در دستگاه گوارش انسان و حیوانات صورت گرفته است. در این مطالعه، با توجه به اثرات سمی فلزات سنگین بر پارامترهای خونی انسان و سایر جانوران از جمله ماهیان، به تأثیر غلظت زیرکشنده کادمیوم بر روی میزان آهن خون ماهی کپور معمولی طی زمان ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت می پردازد تا احتمال جایگزینی و تداخل کادمیوم با آهن خون بررسی گردد.

مواد و روش ها

نمونه برداری کپور معمولی به وسیله تور کششی از استخر پرورشی ماهی واقع در شهرستان بابل (با مختصات جغرافیایی $36^{\circ} 28' 2.5''$ N, $052^{\circ} 44' 54.4''$ E) انجام شد. ماهیان از نظر سلامت ظاهری بررسی شده و افراد سالم انتخاب شدند. ماهیان به آزمایشگاه محیط زیست دریایی مرکز تحقیقات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست منتقل گردیدند. ابتدا ماهیان به منظور سازگاری، در داخل تانک های ۷۰ لیتری پلی اتیلنی، به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند. آبیگری آکواریوم های ۲۰۰ لیتری از آب شهری (با سختی کل کربنات کلسیم ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) صورت گرفت. سه غلظت انتخابی کادمیوم برای آکواریوم ها، به ترتیب برابر $4/296 \text{ mg/L}$ ، $7/127 \text{ mg/L}$ ، $8/656 \text{ mg/L}$ و نمک مورد استفاده در آزمایش نمک نیترات کادمیم $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (GR, 2019.0250, merck) بود. ۴۸ ساعت قبل از ورود ماهیان به آکواریوم ها، تغذیه آن ها قطع

۳ و نمودارهای ۱ الی ۵ همراه با مقادیر خطای استاندارد ارایه شده است.

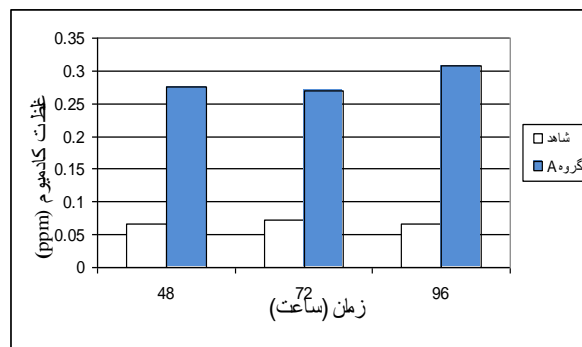
انجام شد. سطح اطمینان در تجزیه و تحلیل آماری ۹۵٪ مد نظر بود و در محاسبات از برنامه های آماری Minitab، Spss، Excell، و Origin استفاده گردید.

نتایج

نتایج اندازه گیری به صورت میانگین میانگین های مقادیر کادمیوم و آهن نمونه ها در زمان های مختلف در جدول

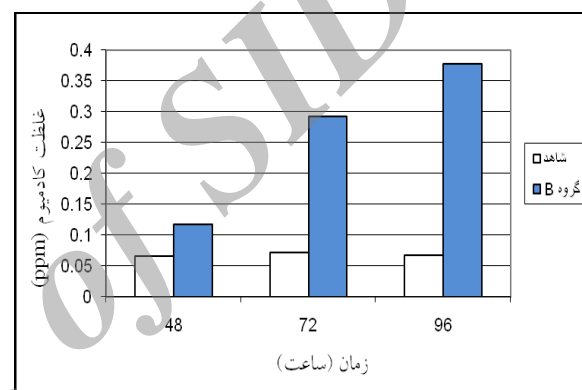
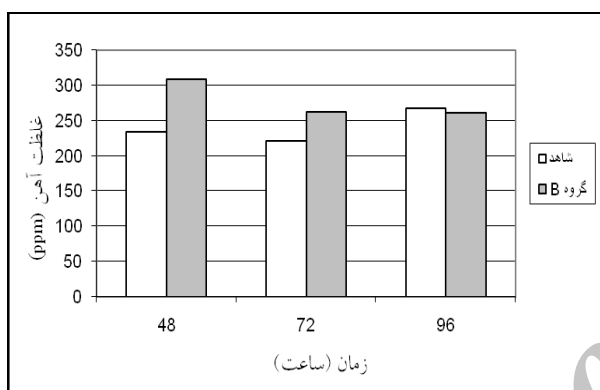
جدول ۳- غلظت عناصر کادمیم و آهن (ppm) در خون ماهیان گروه شاهد (۰ ppm)، گروه A (۴/۲۹۶ ppm)، گروه B (۷/۱۲۷ ppm)، گروه C (۸/۶۵۶ ppm) در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت

غلظت در گروه								زمان (ساعت)	فلز
C (۸/۶۵۶ ppm)		B (۷/۱۲۷ ppm)		A (۴/۲۹۶ ppm)		شاهد (۰ ppm)			
خطای استاندارد (±)	میانگین ها	خطای استاندارد (±)	میانگین ها	خطای استاندارد (±)	میانگین ها	خطای استاندارد (±)	میانگین ها		
۰/۰۴۴	۰/۲۰۸	۰/۰۲۷	۰/۱۱۸	۰/۰۵۷	۰/۲۷۵	۰/۰۰۲	۰/۰۶۵	۴۸	کادمیم
۰/۰۴۹	۰/۳۳۳	۰/۰۴۱	۰/۲۹۲	۰/۱۲۷	۰/۲۷۰	۰/۰۰۱	۰/۰۷۲	۷۲	
۰/۰۸۰	۰/۴۴۵	۰/۰۴۹	۰/۳۷۸	۰/۰۰۸	۰/۳۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۶۷	۹۶	
۷۴/۷۳۰	۳۳۷/۰۴۴	۵۴/۵۸۹	۳۰۸/۹۸۸	۶۵	۲۴۷/۳۴۴	۳۱/۳۴۸	۲۳۳/۹۸۸	۴۸	آهن
۱۹/۷۰۴	۲۷۱/۳۱۱	۲۱/۰۷۰	۲۶۲/۰۱۱	۱۲/۶۳۱	۲۴۰/۳۸۸	۱۸/۷۹۱	۲۲۱/۱۵۵	۷۲	
۱۰/۷۳۵	۲۴۲/۷۵۵	۶/۲۷۹	۲۶۱/۵۳۳	۱۰/۴۱۱	۲۹۲/۱۶۶	۲۱/۷۸۳	۲۶۷/۳۸۸	۹۶	



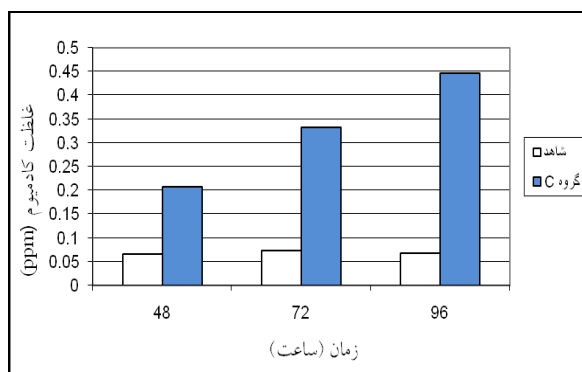
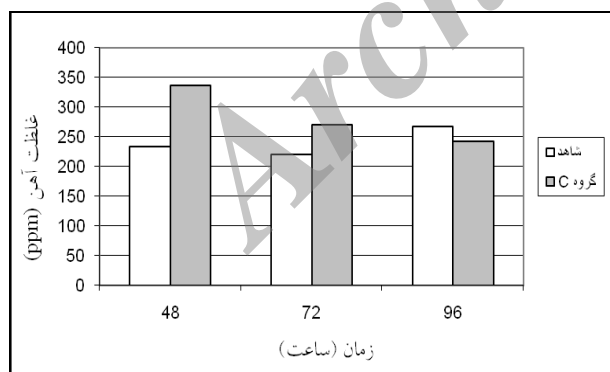
نمودار ۱- نمودار مقایسه ای میانگین میانگین های غلظت کادمیوم خون (نمودار راست) و آهن خون (نمودار چپ) بین نمونه

های گروه A (ppm ۴/۲۹۶ کادمیوم) و شاهد در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت



نمودار ۲- نمودار مقایسه ای میانگین میانگین های غلظت کادمیوم خون (نمودار راست) و آهن خون (نمودار چپ) بین نمونه

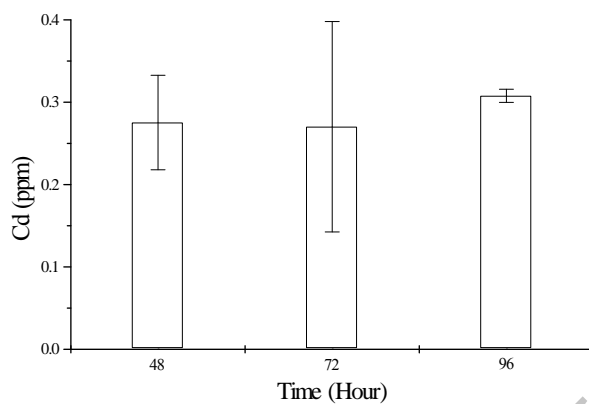
های گروه B (ppm ۷/۱۲۷ کادمیوم) و شاهد در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت



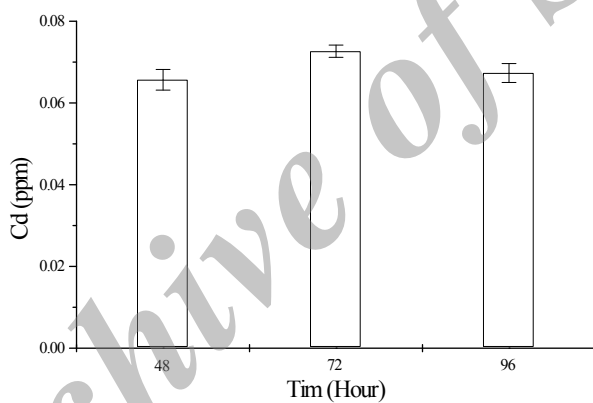
نمودار ۳- نمودار مقایسه ای میانگین میانگین های غلظت کادمیوم خون (نمودار راست) و آهن خون (نمودار چپ) بین نمونه

های گروه C (ppm ۸/۶۵۶ کادمیوم) و شاهد در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت

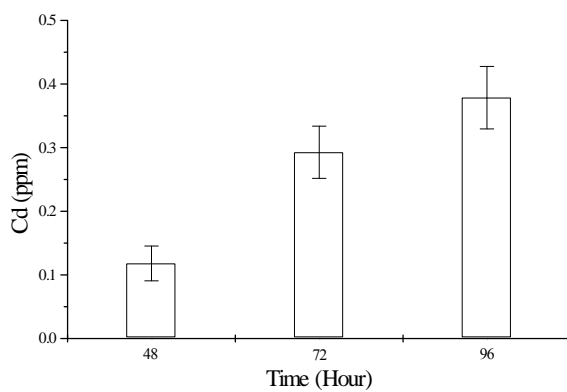
گروه A



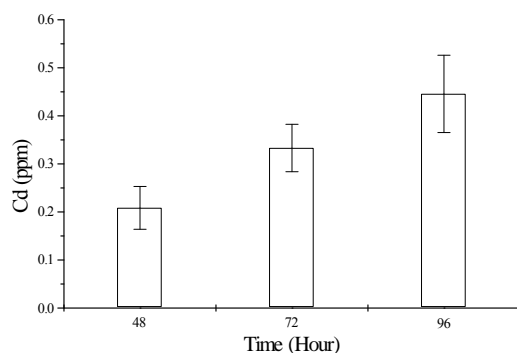
گروه شاهد



گروه B

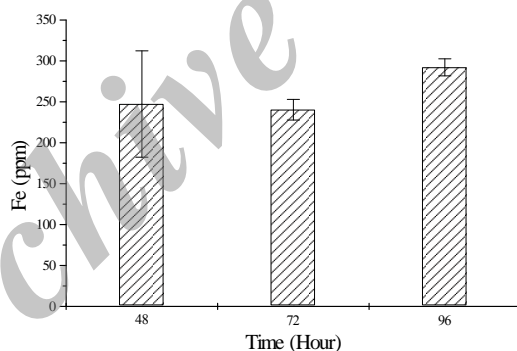


گروه C

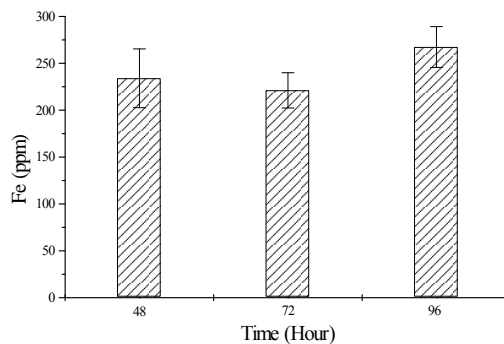


نمودار ۴- نمودار میزان تغییرات خطای استاندارد میانگین میانگین های غلظت کادمیوم خون ($\pm SE$) در گروه شاهد (۰ ppm)، گروه A (۴/۲۹۶ ppm)، گروه B (۷/۱۲۷ ppm)، گروه C (۸/۶۵۶ ppm) در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از افزودن یون کادمیوم به محیط

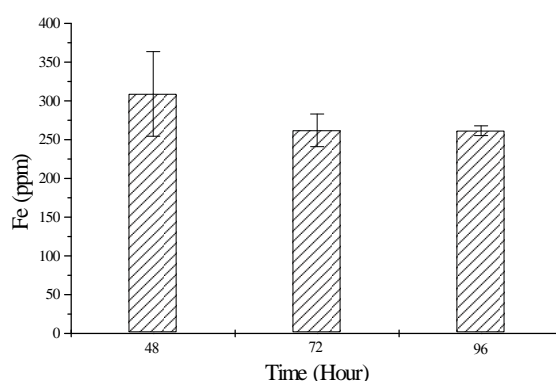
گروه A



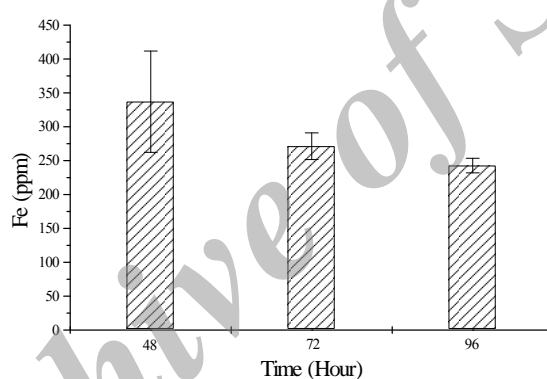
گروه شاهد



گروه B



گروه C



نمودار ۵- نمودار میزان تغییرات خطای استاندارد میانگین میانگین های غلظت آهن خون ($\pm SE$) در گروه شاهد (۰ ppm)، گروه A (۴/۲۹۶ ppm)، گروه B (۷/۱۲۷ ppm)، گروه C (۸/۶۵۶ ppm) در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از افزودن یون کادمیوم به محیط

توجه: در جداول زیر علامت* از لحاظ آماری نشانه معنی دار بودن ($P < 0/05$) و علامت** نشانه خیلی معنی دار بودن ($P < 0/01$) می باشد.

طبق جدول ۳ و نمودارهای ۱ الی ۵، کادمیوم در خون ماهیان گروه شاهد مشاهده می شود. با توجه به این که در آغاز آزمایش یون کادمیوم به آکواریوم های شاهد اضافه نشد، احتمال دارد از محیط زندگی قبلی (استخر پرورش ماهی) وارد خون شده و یا ناشی از خطای آزمون و اندازه گیری باشد. غلظت کادمیوم آب استخر پرورش ماهی به وسیله جذب اتمی شعله ای کمتر از ۲۰ pbb اندازه گیری شد.

جدول ۴- همبستگی Cd و Fe خون در غلظت شاهد (۰ ppm) برای میانگین ۳ نمونه از ۳ تکرار ($P < 0.05$; $n=3$)

در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت

	Fe در ۴۸ ساعت	Fe در ۷۲ ساعت	Fe در ۹۶ ساعت
Cd در ۴۸ ساعت	$r = 1$ $**P = 0.007$		
Cd در ۷۲ ساعت		$r = 0.250$ $P = 0.839$	
Cd در ۹۶ ساعت			$r = -0.999$ $*P = 0.026$

معنی داری ($r = 1$; $P = 0.007$) وجود داشت. باتوجه ضریب تعیین کنندگی ($r^2 = 1$) مشخص گردید که اساساً میزان غلظت آهن در خون بسیار بیشتر از میزان کادمیوم خون می باشد.

با انجام آزمون تعیین ضریب همبستگی Pearson (r) بین آهن خون در ۴۸ ساعت و کادمیوم خون در ۴۸ ساعت در نبود کادمیوم در محیط آبی (محیط شاهد) همبستگی بسیار قوی

جدول ۵- همبستگی Cd و Fe خون در غلظت ۴/۲۹۶ ppm کادمیوم برای میانگین ۳ نمونه از ۳ تکرار ($P < 0.05$; $n=3$) در

زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از افزودن یون کادمیوم به محیط

	Fe در ۴۸ ساعت	Fe در ۷۲ ساعت	Fe در ۹۶ ساعت
Cd در ۴۸ ساعت	$r = 0.977$ $P = 0.136$		
Cd در ۷۲ ساعت		$r = -0.559$ $P = 0.622$	
Cd در ۹۶ ساعت			$r = -0.869$ $P = 0.330$

جدول ۶- همبستگی Cd و Fe خون در غلظت ۷/۱۲۷ ppm کادمیوم برای میانگین ۳ نمونه از ۳ تکرار ($P < 0.05$; $n=3$) در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از افزودن یون کادمیوم به محیط

	Fe در ۴۸ ساعت	Fe در ۷۲ ساعت	Fe در ۹۶ ساعت
Cd در ۴۸ ساعت	$r = 0.806$ $P = 0.404$		
Cd در ۷۲ ساعت		$r = -0.988$ $P = 0.099$	
Cd در ۹۶ ساعت			$r = 0.834$ $P = 0.372$

جدول ۷- همبستگی Cd و Fe خون در غلظت ۸/۶۵۶ ppm کادمیوم برای میانگین ۳ نمونه از ۳ تکرار ($P < 0.05$; $n=3$) در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از افزودن یون کادمیوم به محیط

	Fe در ۴۸ ساعت	Fe در ۷۲ ساعت	Fe در ۹۶ ساعت
Cd در ۴۸ ساعت	$r = -0.229$ $P = 0.853$		
Cd در ۷۲ ساعت		$r = 0.971$ $P = 0.153$	
Cd در ۹۶ ساعت			$r = -0.950$ $P = 0.202$

میزان غلظت کادمیوم و آهن خون و میزان غلظت کادمیوم محیط، نتایج در جدول ۸ به شرح ذیل ارائه می گردد:

طبق جداول ۴ الی ۷، ارتباط معنی داری ($P < 0.05$; $n=3$) بین غلظت کادمیوم خون و غلظت آهن خون در تمام گروه های آزمون طی زمان ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت وجود ندارد. در بررسی

جدول ۸- همبستگی Cd محیط با Cd و Fe خون ($P < 0.05$; $n=3$) در زمان های ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از افزودن یون

کادمیوم به محیط

		Cd در خون	Fe در خون
غلظت Cd در محیط در گروه های مختلف	۴۸ ساعت	$r = 0.449$ $P = 0.551$	$r = 0.932$ $P = 0.063$
	۷۲ ساعت	$r = 0.958$ $*P = 0.042$	$r = 0.992$ $**P = 0.008$
	۹۶ ساعت	$r = 0.987$ $*P = 0.013$	$r = -0.515$ $P = 0.485$

همبستگی بسیار قوی مثبت معنی دار ($r = 0.992$; $P = 0.008$) وجود داشت. باتوجه به ضریب تعیین کنندگی ($r^2 = 0.98$) مشخص می گردد که فقط ۲٪ از تغییرات مربوط به عوامل دیگر محیط بوده و ۹۸٪ مربوط به میزان غلظت کادمیوم در محیط می باشد. پس از ۴۸ ساعت همبستگی بین میزان غلظت کادمیوم های محیط، آهن و کادمیوم خون مشاهده نمی شود.

طبق جدول ۸، بین غلظت های کادمیوم محیط و میزان کادمیوم خون پس از ۹۶ ساعت همبستگی قوی مثبت و معنی داری ($r = 0.987$; $P = 0.013$) وجود داشته و باتوجه به ضریب تعیین کنندگی ($r^2 = 0.97$) مشخص می گردد که فقط ۳٪ از تغییرات مربوط به عوامل دیگر محیط بوده و ۹۷٪ مربوط به میزان غلظت کادمیوم در محیط می باشد. هم چنین بین غلظت کادمیوم محیط و میزان آهن خون پس از ۷۲ ساعت

جدول ۹- نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه کادمیوم خون طی زمان ۴۸ ساعت پس از افزودن یون کادمیوم به محیط در

گروه های مختلف آزمون ($P < 0.05$; $n=3$)

		غلظت Cd (ppm) خون در ۴۸ ساعت		
		گروه A	گروه B	گروه C
غلظت Cd (ppm) خون در ۴۸ ساعت	شاهد	$*P = 0.022$	$*P = 0.033$	$P = 0.07$
	گروه A		$P = 0.087$	$P = 0.231$
	گروه B			$P = 0.81$

انجام آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای زمان ۴۸ ساعت، یک اختلاف معنی داری ($P=0.021$; $n=3$) را بین غلظت کادمیوم خون تمام گروه ها نشان داد. آزمون تعیین اختلاف بین گروه ها نشان داد اختلاف متعلق به گروه شاهد (غلظت ppm ۰)، گروه A با غلظت ppm ۴/۲۹۶ کادمیوم

و گروه B با غلظت ppm ۷/۱۲۷ کادمیوم ($P=0.022$; $n=3$) می باشد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای زمان ۷۲ ساعت، اختلاف معنی داری را بین غلظت کادمیوم موجود در خون گروه ها ($P=0.022$; $n=3$) نشان نداد.

جدول ۱۰- نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه کادمیوم خون برای زمان ۹۶ ساعت پس از افزودن یون کادمیوم به محیط در گروه های مختلف آزمون ($P<0.05$; $n=3$)

		غلظت Cd (ppm) خون در ۹۶ ساعت		
		گروه A	گروه B	گروه C
غلظت Cd (ppm) خون در ۹۶ ساعت	شاهد	** $P<0.004$	** $P<0.004$	** $P<0.004$
	گروه A		** $P<0.004$	** $P<0.004$
	گروه B			** $P<0.004$

این آزمون درخصوص زمان ۹۶ ساعت یک اختلاف معنی دار قوی ($P=0.002$; $n=3$) را بین میانگین غلظت کادمیوم خون در گروه های مختلف نشان داد. آزمون مشخص نمود بین گروه شاهد (غلظت ppm ۰) و سایر گروه ها اختلاف معنی دار قوی ($P<0.004$; $n=3$) وجود دارد.

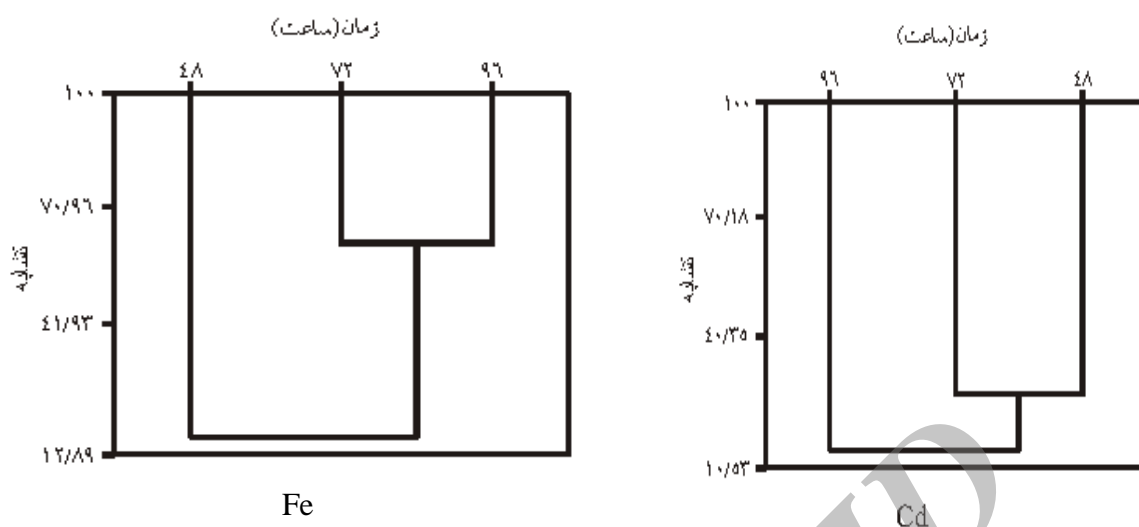
هم چنین گروه شاهد و گروه C در زمان ۷۲ ساعت نشان داد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی دار قوی ($n=3$) را بین میانگین غلظت های آهن موجود در خون گروه های شاهد و گروه B و هم چنین اختلاف معنی دار قوی ($P=0.009$; $n=3$) بین گروه شاهد و گروه C در زمان ۹۶ ساعت نشان داد.

آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای گروه شاهد و گروه A، بین میانگین غلظت آهن خون در زمان ۷۲ ساعت با زمان ۹۶ ساعت اختلاف معنی داری ($P<0.05$; $n=3$) را نشان داد. هم چنین این آزمون نشان داد که برای گروه C، بین میانگین غلظت آهن خون در زمان ۴۸ ساعت با زمان ۹۶ ساعت اختلاف معنی داری ($P<0.05$; $n=3$) وجود دارد.

برای گروه شاهد، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه بین میانگین غلظت کادمیوم خون در زمان ۷۲ ساعت با زمان ۴۸ و ۹۶ ساعت اختلاف معنی داری ($P<0.05$; $n=3$) نشان داد. هم چنین این آزمون مشخص نمود که برای گروه B و C، بین میانگین غلظت کادمیوم خون در زمان ۴۸ ساعت با زمان ۷۲ و ۹۶ ساعت اختلاف معنی داری ($P<0.05$; $n=3$) وجود دارد.

باتوجه به آزمون تشابه، نمودار درختی غلظت های آهن و کادمیوم خون ماهیان در ارتباط با زمان و گروه های مختلف آزمون در آزمایش کادمیوم در نمودار ۴ ارائه شده است.

با توجه به حضور کادمیوم در محیط گروه های آزمون، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه، عدم اختلاف معنی داری ($n=3$) را بین میانگین غلظت های آهن موجود در خون گروه های مختلف (شاهد، A، B، C) در زمان ۴۸ ساعت و اختلاف معنی دار قوی ($P=0.006$; $n=3$) را بین میانگین غلظت های آهن موجود در خون گروه های شاهد و گروه B و



نمودار ۴- نمودار درختی غلظت های آهن (نمودار سمت چپ) و کادمیوم (نمودار سمت راست)

خون ماهیان در ارتباط با زمان و گروه های مختلف آزمون

اسموتیک و تغییر در سیستم تنظیم تبادل یون می گردد که موجب کم شدن pH خون و افزایش حجم اریتروسیت ها و متعاقباً افزایش هماتوکریت می شود. استرس هم چنین باعث افزایش اپی نفرین و انقباض طحال شده که منجر به آزاد سازی اریتروسیت ها به خون و سپس افزایش درصد هماتوکریت می گردد. غلظت بالای فلزات سنگین یا زمان طولانی تر قرارگیری ماهی در غلظت زیر کشندگی فلزات سنگین معمولاً شاخص های فوق الذکر را کاهش می دهد. کاهش تعداد اریتروسیت یا درصد هماتوکریت نشان دهنده بدتر شدن حالت موجود زنده و گسترش آنمی در آن می باشد. (۶).

سمیت کادمیوم به عوامل مختلفی از جمله بر هم کنش آن با برخی مواد مغذی به خصوص آهن و وضعیت تغذیه ای آهن بستگی دارد. با آزمایشی که بر روی موشه ای صحرایی ماده با عارضه کم خونی انجام شده، مشخص گردیده که اگر موش های مذکور از مکمل های آهن همراه با کلرید کادمیوم تغذیه نمایند، بعد از ۱۰ روز میزان جذب آهن و کاربرد متابولیکی این عنصر کاهش می یابد. ضمناً میزان تولید هموگلوبین نیز کاهش می یابد. نتیجه این که مقدار کم

بر اساس نتایج آزمون تشابه، نمودار درختی آهن (نمودار ۴) نشان می دهد که بین میزان آهن خون ماهیان در ۷۲ و ۹۶ ساعت شباهت زیادی وجود دارد. در شکل مذکور، نمودار درختی غلظت کادمیوم خون مشخص می کند که میزان تغییرات کادمیوم خون در فاصله زمانی ۴۸ و ۷۲ چندان نبوده، به عبارتی میزان آن در زمان ۴۸ و ۷۲ ساعت تا حدود ۲۵٪ شبیه بوده و تشکیل یک گروه را می دهد ولی میزان کادمیوم خون ماهیان در ۹۶ ساعت متفاوت از دو زمان دیگر می باشد.

بحث و نتیجه گیری

هم اکنون مهره داران شامل ماهی ها توسط سم شناسانی که روی توان سمی ترکیبات مختلف از جمله فلزات و در خصوص موضوعاتی چون روش جذب آن ها به داخل بدن و دوره در معرض قرارگیری مطالعه می کنند، مورد توجه قرار گرفته اند (۱).

اگر ماهی به مدت کوتاهی در معرض غلظت پایین فلزات سنگین قرار گیرد، اغلب باعث افزایش شاخص های خونی (تعداد اریتروسیت، غلظت هموگلوبین، درصد هماتوکریت و غلظت گلوکز) می شود که نشان دهنده شروع واکنش استرس ناشی مواد شیمیایی در ماهی می باشد که سبب عدم تعادل

به وسیله مواد سمی و یا به وسیله آسیب رساندن به غشاء سلولی در طول هیدرولیز استیل کولین توسط کولین استراز گلوبول قرمز، ناشی می شود. افزایش میزان آهن در تمام اندام ها و بافت ها در ارتباط با تخریب گلوبول قرمز و آنمی ناشی از آن می باشد. آهن از اریتروسیت هایی که همولیز شده اند، آزاد شده و به اندام های دیگر مانند کبد و کلیه ها انتقال می یابد (۱).

در این مطالعه اگرچه به طور کلی میزان کادمیوم خون در مقایسه با گروه شاهد، با افزایش زمان و غلظت روندی افزایشی داشته ولی از روند خاصی هم چون افزایش غلظت بیرونی و متعاقب آن درون خون تبعیت نمی کند که می تواند در ارتباط با خصوصیات فیزیولوژیکی ماهیان مورد آزمایش و تعداد تیمارها باشد. پس از ۴۸ ساعت همبستگی بین میزان غلظت کادمیوم های محیط، آهن و کادمیوم خون مشاهده نمی شود. احتمالاً این موضوع ناشی از مقاومت ماهی در جذب این عناصر به دلیل سمی بودن در مراحل اولیه در معرض قرار گرفتن باشد.

با توجه به وجود ارتباط خوب و معنی دار بین میزان کادمیوم محیط و خون در زمان ۹۶ ساعت، این آزمایش نشان می دهد که جذب بیشتر کادمیوم در ۹۶ ساعت اتفاق می افتد و میزان جذب این یون در زمان های بیشتر، متمایز تر می باشد.

بر اساس آزمون همبستگی، ارتباط معنی دار بین غلظت کادمیوم خون و تغییر غلظت آهن خون در طی آزمون وجود ندارد که با نتایج گزارش شده توسط داعی (۱۳۸۷) در خصوص عدم ارتباط معنی دار غلظت کادمیوم خون با تغییرات آهن خون ماهی شاه کولی در زمان ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت مشابه می باشد (۱۲). هم چنین با نتایج هادسن و همکارانش در سال ۱۹۷۸ که با قرارگیری ماهی قزل آلاهی رنگین کمان در غلظت ۰/۰۱۳ میلی گرم در لیتر سرب به دست آورده، تشابه دارد. هادسن با وجود افزایش تعداد گلوبول قرمز، کاهش حجم گلوبول قرمز، کاهش فعالیت آنزیم دلتا آمینو

کادمیوم، جذب آهن را مختل نموده و بر هم کنش کادمیوم - آهن در مجرای روده رخ می دهد (۷).

کادمیوم موجود در خون علاوه بر متالوتینین پلاسمایی می تواند با پروتیین های پلاسمایی آلبومین و گلوبولین متصل یا مستقیماً وارد اریتروسیت ها شود (۸). کادمیوم در داخل اریتروسیت ها ممکن است با هموگلوبین، پروتیین های با وزن ملکولی بیشتر از هموگلوبین و یا پروتئین های با وزن ملکولی کم باند شود. قسمتی از کادمیوم اریتروسیت ها در رت ها، در غشاء اریتروسیت ها یافت می شود. کادمیومی که به پروتیین های با وزن ملکولی بالا متصل شده است، بیشتر در کبد گرفتار می شود، در حالی که کادمیومی که با پروتئین های با وزن ملکولی پایین متصل شده، انتقال انتخابی دارد و توسط کلیه ها گرفته و به ادرار ترشح می شود (۹).

یک مطالعه تجربی بر روی سگ نشان داده است که بلافاصله بعد از تزریق داخل وریدی، بیشتر کادمیوم در پلازما حضور دارد. غلظت پلاسمایی کادمیوم به سرعت کاهش می یابد و به سطوح کمتر از ۱٪ مقادیر آغازین در ۲۴ ساعت بعد از تزریق می رسد و سپس به طور آهسته کاهش می یابد. در طول فاز اول، سریعاً کادمیوم به پروتیین های با وزن ملکولی بالا متصل شده در حالی که در فاز آهسته تر، به پروتیینی با وزن ملکولی پایین متصل می شود. غلظت کادمیوم در اریتروسیت ها بعد از یک تزریق داخل وریدی، به سرعت افزایش می یابد و در عرض چند ساعت به یک پیک غلظتی می رسد که بیشتر از غلظت پلاسمایی می باشد (۹ و ۱۰).

فلزاتی چون سرب، کادمیوم، مس و روی (مشخصاً سرب) باعث افزایش اریتروبلاست ها در خون کپور معمولی می شوند که ناشی از انقباض طحال به واسطه کاتکولامین ها در حضور استرس می باشد که سبب رها شدن اریتروسیت های جدید به جریان خون می شود. عدم افزایش تعداد گلوبول قرمز نشان دهنده تخریب سریع سلول هاست. (۱۱).

آنمی ایجاد شده در ماهی که در معرض کادمیوم قرار گرفته به احتمال زیاد از مختل شدن فرایند سنتز خون

جایگزینی و تداخل کادمیوم با آهن خون در گردش خونی رخ نمی دهد و تغییرات آهن خون در طول آزمایش، احتمالاً به دلیل ایجاد تغییرات فیزیولوژیک در خون از جمله آزادسازی آهن و گلبول قرمز نابالغ از بافت های دیگر به خون و یا خروج آهن از خون به طرف ارگان هدف مثل کلیه می باشد

منابع

1. Bruck-Jastrzebska E., Protasowicki A., 2005, Effects of cadmium and nickel exposure on haematological parameters of common carp, *Cyprinus carpio* L. Acta Ichthyol. Piscat. 35(1): 29-38
۲. قوام مصطفوی. پ، ۱۳۷۹، بررسی اثر کادمیوم روی محور HPI (هیپوتالاموس - هیپوفیز - اینترنال) در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، پایان نامه کارشناس ارشد، ص ۱۰۰.
۳. قیومی. ر، ۱۳۷۹، مطالعه اثرات بیهوشی گل میخک (عصاره و اسانس) در ماهی کپور معمولی، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، شهرستان نور، پایان نامه کارشناسی ارشد: ص ۷۵.
۴. ابطحی. ب، آقاچانپور. م، شریف پور. ع، رسولی. ع، ۱۳۸۱، LC50 اساس گل میخک و MS222 در بچه ماهیان تاس ماهی ایرانی و مقایسه آن با قزل آلابی رنگین کمان و کپور معمولی، موسسه تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان، رشت، دومین همایش ملی _ منطقه ای ماهیان خاویاری، ص: ۱۰.
5. NIOSH, Manual of Analytical Methods (NMAM), 1994, Elements in blood or tissue, Fourth Edition, 3p
6. Vosyliene M.Z, 1999, The Effect of Heavy Metals on Haematological Indices of Fish (Survy), Acta

لولینک دهیدراتاز گلبول قرمز و کاهش میزان آهن سلول قرمز، تغییراتی در میزان آهن خون و هماتوکریت مشاهده نکرد (۱۳) براساس آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نتیجه می شود که افزایش زمان و غلظت نقش تعیین کننده ای در جذب کادمیوم در خون ماهیان دارد. اما به طور غیر منتظره در گروه B و C در شرایطی که مقادیر کادمیوم با افزایش زمان روندی صعودی در خون ماهیان داشته، میزان آهن در ۷۲ ساعت افزایش و در ۹۶ ساعت کاهش می یابد که احتمالاً این افزایش و سپس کاهش آهن خون به دلیل ایجاد تغییرات در پارامترهای خونی و فیزیولوژیکی در ماهی از جمله آزادسازی تخریب گلبول های قرمز و افزایش گلبول قرمز نابالغ آهن از ارگان های دیگر می باشد که پس از مدتی به ارگان هایی مثل کلیه انتقال می یابد و سبب کاهش آهن در زمان ۹۶ خواهد شد.

ذکر این نکته ضروری می باشد در نمونه زمان ۴۸ ساعت میزان تغییرات بسیار بوده که می تواند تا حدودی مقادیر زمان ۹۶ را نیز در بر گیرد، در صورتی که روند تغییرات در زمان ۷۲ ساعت از پایداری بیشتری برخوردار می باشد. هم چنین بر اساس نتایج آزمون میانگین ضرایب تشابه، پس از ۷۲ ساعت مقادیر آهن ماهیان در مقایسه با شاهد محسوس بوده اما با گذشت زمان ۹۶ ساعت تغییرات چندان زیاد نبوده تا به صورت مستقل در یک گروه ظاهر گردد. در صورتی که میزان تغییرات کادمیوم خون در فاصله زمانی ۴۸ و ۷۲ چندان نبوده و با ۹۶ ساعت متفاوت است در نتیجه احتمالاً برای مشاهده تغییرات بیشتر باید زمان بیشتری در نظر گرفت.

در پایان می توان نتیجه گرفت به دلیل آن که خون به عنوان ناقل عمل می کند و محل انتقال فلزات سنگین چون کادمیوم به ارگان های هدف می باشد، بنابراین تغییرات معنی داری در غلظت آهن و روند خاص و مشخص در غلظت کادمیوم در طی آزمایش مشاهده نگردید و احتمالاً بر خلاف نظر ولکو^۱ که اظهار نموده "ایجاد پیوند کوالانسی یون کادمیوم با DNA با تئوری جایگزینی کادمیوم با آهن و مس در پروتئین های مختلف غشایی و سیتوپلاسمی تقویت می شود" (۱۴)،

۱۰. فولادساز، ک، ۱۳۸۴، عناصر کمیاب، فرآیند های متابولیکی و اختلالات بالینی آن ها، انتشارات نیکان کتاب، زنجان، ص ۲۶۲.

11. Witeska M., 2005, Stress in Fish – Hematological and Immunological Effects of Heavy Metals, Electronic Journal of Ichthyology, p35-41.

۱۲. داعی، م، ۱۳۸۷، بررسی تاثیر سرب و کادمیوم بر میزان آهن خون شاه کولی، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده علوم و فنون دریایی، تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، ص ۸۲.

13. WHO, 1989, International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 85, Lead - Environmental Aspects, <http://www.inchem.org>

14. Valko M., Morris H and Cronin M.T.D, 2005, Metals, Toxicity and Oxidative Stress, Current Medicinal Chemistry, vol. 12, 1161-1208

Zoological, Hydrobiologia, Vol. 9. N.2,80p

7. Krejpcio, Wojciak and Olejnik, 2003, Efficiency of Iron Supplementation as Affected by Cadmium in Anaemic Rats, Department of Human Nutrition and Hygiene, August Cieszkowski, Agricultural University, Poznan, Poland , available at, <http://www.jn.nutrition.org/cgi/reprint/133/5/203E>

8. U.S.Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for ToxicSubstances and Disease Registry, July 1999, Toxicological Profile for Cadmium, p156-159

۹. شاه طاهری، ج و افشاری، د، ۱۳۸۶، سم شناسی شغلی، انتشارات، برای فردا، ص ۳۴۳.

Archive of SID