دانشکده منابع طبیعی

گروه شیلات

عنوان :

غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) و لای ماهی (*Tinca tinca*) در تالاب انزلی

از:

وحید اسلامی

استاد راهنما:

دکتر مسعود ستاری

استاد مشاور:

دکتر جاوید ایمانپور نمین

اسفند ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

تشکر و قدردانی

با تقدیم به اساتید مهربان و ارجمندم جناب آقای دکتر مسعود ستاری و جناب آقای دکتر جاوید ایمان پور که بی شک انجام این پژوهش بدون حمایتها و مساعدت های این عزیزان، میسر نمیشد.

با سپاس فراوان از

اساتید محترم جناب آقای دکتر محسن محمدی و جناب آقای دکتر آریا بابا خانی که زحمت داوری پایان نامه را بر عهده گرفتند.

اساتید ارجمند گروه شیلات که در طول دوره کارشناسی ارشد از راهنماییهایشان بهره بردم.

با تشکر از

جناب آقای دکتر خوش خلق مدیر محترم گروه شیلات

جناب آقای مهندس رضا نهرور کارشناس ارزنده سازمان شیلات انزلی

جناب آقای مهندس مجید موسی پور کارشناس محترم آزمایشگاه بیولوژی آبزیان

جناب آقای دکتر نادری مدیر محترم گروه محیط زیست

جناب آقای مهندس پروانه مسئول محترم آزمایشگاه محیط زیست

که مرا در مراحل مختلف انجام این تحقیق یاری نمودند.

فهرست مطالب

چکیده فارسی ..... خ
چکیده انگلیسی ..... د

فصل اول- مقدمه ۱
۱- آلودگی ۲
۱-۱-انواع آلاینده ها ۲
۱-۲- فلزات سنگین ۳
۱-۲-۱- سرب ۴
۱-۲-۱-۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی ۴
۱-۲-۱-۲- منابع و کاربردهای سرب ۴
۱-۲-۱-۳- جذب و اثرات سمی سرب در ماهیان ۵
۱-۲-۱-۴- جذب و اثرات سمی سرب در انسان ۵
۱-۲-۲- کادمیوم ۶
۱-۲-۲-۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی ۶
۱-۲-۲-۲- منابع و کاربردهای کادمیوم ۷
۱-۲-۲-۳- جذب و اثرات سمی کادمیوم در ماهیان ۷
۱-۲-۲-۴- جذب و اثرات سمی کادمیوم در انسان ۸
۱-۳- آلودگی در تالاب انزلی ۹
۱-۴- ضرورت انجام تحقیق ۱۱
۱-۵- فرضیات تحقیق ۱۲
۱-۶- اهداف تحقیق ۱۳
۱-۷- سوابق مطالعاتی ۱۴
۱-۷-۱- ایران ۱۴
۱-۷-۲- خارج از کشور ۱۷

فصل دوم- مواد و روش کار ۱۹
۲- مواد و روش کار ۲۰
۲-۱- منطقه نمونه برداری ۲۰
۲-۲- آماده سازی نمونه ها ۲۱
۲-۲-۱- تعیین سن ۲۱
۲-۳- هضم شیمیایی نمونه ها ۲۱
۲-۴-آنالیز شیمیایی ۲۲
۲-۴-۱- روش(Inductively Coupled Plasma-mass(ICP ۲۲
۲-۴-۱-۱- روش محاسبه غلظت واقعی فلزات بر حسب µg/g (بر حسب وزن خشک نمونه) ۲۳
۲-۵- آنالیز آماری ۲۳

فصل سوم- نتایج ۲۸
۳- نتایج ۲۹
۳-۱- مقدار فلزات در بافت ها ۳۰
۳-۲- رابطه مقدار فلزات با پارامترهای رشد ۳۲
۳-۲-۱- طول ۳۲
۳-۲-۲- سن ۳۵
۳-۳- رابطه مقدار فلزات با پارامترهای فیزیولوژیکی ۳۶
۳-۳-۱- ضریب چاقی ۳۶
۳-۳-۲- شاخص وزن کبد(HSI) ۴۱
۳-۴- اثرات متقابل فلزات ۴۳

فصل چهارم- بحث ۴۸
۴- بحث ۴۹
۴-۱- مقایسه مقدار فلزات در بافت ها ۴۹
۴-۲- رابطه مقدار فلزات با پارامترهای رشد ۵۲
۴-۳- رابطه بین غلظت فلزات با شاخص های فیزیولوژیک ۵۳
۴-۴- اثرات متقابل فلزات ۵۴
۴-۵- سایر مطالعات انجام شده ۵۵
۴-۶- ارزیابی سلامت ماهیان جهت مصرف انسانی ۵۸
۴-۷- نتیجه گیری نهایی ۶۱
۴-۸- پیشنهادات ۶۲

منابع
منابع فارسی ۶۴
منابع خارجی ۶۶

فهرست جداول

جدول۱-۱-آلاینده های اصلی موثر در کیفیت آب و منابع ورودی آنها..... ۲

جدول۳-۱-نتایج حاصل از بیومتری و ضریب چاقی و شاخص کبد در ماهیان سوف حاجی طرخان صید شده از تالاب انزلی..... ۲۹

جدول۳-۲-نتایج حاصل از بیومتری و ضریب چاقی و شاخص کبد در لای ماهیان صید شده از تالاب انزلی..... ۲۹

جدول۳-۳-غلظت فلزات(SE±میانگین)برحسب µg/gوزن خشک، در بافت کبد و عضله ماهی سوف حاجی طرخان صید شده از تالاب انزلی..... ۳۱

جدول۳-۴-غلظت فلزات(SE±میانگین)برحسب µg/gوزن خشک، در بافت کبد و عضله لای ماهی صید شده از تالاب انزلی..... ۳۱

جدول۳-۵-غلظت فلزات(SE±میانگین)برحسب µg/gوزن خشک، در بافت کبد و عضله دو گونه مورد مطالعه..... ۳۱

جدول۴-۱-میانگین غلظت فلزات(µg/gوزن خشک)در بافت عضله ماهیان در برخی اکوسیتم های آبی..... ۵۵

جدول۴-۲-میانگین غلظت فلزات(µg/gوزن خشک)در بافت عضله ماهیان در تالاب انزلی..... ۵۷

جدول۴-۳-مقایسه مقدار غلظت فلزات در بافت عضله ماهی سوف حاجی طرخان با برخی استانداردهای تغذیه ای(µg/g wet weight)..... ۵۹

جدول۴-۴-مقایسه مقدار غلظت فلزات در بافت کبد ماهی سوف حاجی طرخان با برخی استانداردهای تغذیه ای(µg/g wet weight)..... ۵۹

جدول۴-۵-مقایسه مقدار غلظت فلزات در بافت عضله لای ماهی با برخی استانداردهای تغذیه ای(µg/g wet weight)..... ۵۹

جدول۴-۶-مقایسه مقدار غلظت فلزات در بافت کبد لای ماهی با برخی استانداردهای تغذیه ای(µg/g wet weight)..... ۵۹

فهرست نمودارها

نمودار۳-۱-رابطه تجمع فلز کادمیوم در کبد با طول ماهی سوف حاجی طرخان..... ۳۲

نمودار۳-۲-رابطه تجمع فلز سرب در کبد با طول ماهی سوف حاجی طرخان..... ۳۳

نمودار۳-۳-رابطه تجمع فلز کادمیوم در کبد با طول لای ماهی..... ۳۴

نمودار۳-۴-رابطه تجمع فلز سرب در بافت کبد با ضریب چاقی ماهی سوف حاجی طرخان ۳۷

نمودار۳-۵-رابطه تجمع فلز کادمیوم در بافت کبد با ضریب چاقی ماهی سوف حاجی طرخان ۳۸

نمودار۳-۶-رابطه تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله با ضریب چاقی لای ماهی..... ۳۹

نمودار۳-۷-رابطه تجمع فلز سرب در بافت کبد با ضریب چاقی لای ماهی..... ۴۰

نمودار۳-۸-رابطه تجمع فلز کادمیوم در بافت کبد با شاخص وزن کبد در لای ماهی ۴۲

نمودار۳-۹-ارتباط متقابل فلز کادمیوم در بافت کبد با فلز سرب در بافت کبد سوف حاجی طرخان ۴۴

نمودار۳-۱۰-ارتباط متقابل فلز کادمیوم در بافت عضله با فلز سرب در بافت کبد سوف حاجی طرخان ۴۵

نمودار۳-۱۱-ارتباط متقابل فلز کادمیوم در بافت عضله با فلز کادمیوم در بافت کبد سوف حاجی طرخان..... ۴۶

نمودار۳-۱۲-ارتباط متقابل فلز کادمیوم در بافت عضله با فلز سرب در بافت کبد لای ماهی ۴۷

فهرست اشکال

شکل۲-۱- تصویر موقعیت تالاب انزلی ۲۰
شکل۲-۲- نمونه لای ماهیان صید شده از تالاب انزلی ۲۴
شکل۲-۳- نمونه های سوف حاجی طرخان صید شده از تالاب انزلی ۲۴
شکل۲-۴- دستگاه آون جهت خشک کردن نمونه های بافت ۲۵
شکل۲-۵- پودر کردن نمونه های بافت در هاون چینی ۲۵
شکل۲-۶- ترازوی دیجیتال جهت وزن کردن نمونه های بافت ۲۶
شکل۲-۷- حمام بن ماری جهت هضم نمونه ها ۲۶
شکل۲-۸- دستگاه ICP- Mass-300D ۲۷

فهرست علائم اختصاری

POPs: Persistent Organic Pollutions ۲

WHO: World Health Organization (United Nations) ۴

PVC: Polyvinly Chloride ۴

PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake(µg/ Week/ 70kg body weight) ۵

CF: Condition Factor ۱۰

HSI: Hepatosomatic Index ۱۰

FDA: Food and Drug Administration of USA ۱۵

NHMRC: National Health and Medical Reserch Council(Australia) ۱۶

MAFF: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (UK) ۱۶

PTDI: Provisional Tolerable Daily Intake ۱۸

EEC: European Economic Community ۵۹

چکیده

(عنوان):غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت عضله و کبد ماهی سوف حاجی طرخان (*Perca fluviatilis*) و لای ماهی(*Tinca tinca*) در تالاب انزلی

(نام دانشجو): وحید اسلامی

جهت تعیین مقدار آلودگی در ماهی سوف حاجی طرخان(*Perca fluviatilis*) و لای ماهی(*Tinca tinca*)در تالاب انزلی تجمع فلزات سرب و کادمیوم در بافت کبد و عضله ماهیان اندازه گیری شد و رابطه آن با پارامترهای رشد(طول و سن)، شاخص های فیزیولوژیک(ضریب چاقی، شاخص وزن کبد)و همچنین اثرات متقابل فلزات مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۱۶ نمونه ماهی سوف حاجی طرخان و ۲۳ نمونه لای ماهی در طول فصل صید از تالاب انزلی تهیه شدند.اندازه گیری فلزات با استفاده از دستگاهICP-massانجام گرفت. دامنه غلظت فلزات در بافت لای ماهیان عبارت بود از:در بافت کبد، غلظت سرب:۲/۶۶-۰/۷ و غلظت کادمیوم:۰/۱۶-۰/۰۶ و در بافت عضله غلظت سرب:۱/۸-۰/۷و غلظت کادمیوم:۰/۰۸-۰ و دامنه غلظت فلزات در نمونه های سوف حاجی طرخان عبارت بود از:در بافت کبد، غلظت سرب:۱/۷۹- ۰/۷و غلظت کادمیوم:۰/۱۵- ۰/۰۵ و در بافت عضله غلظت سرب:۰/۸۹-۰/۳۸ و غلظت کادمیوم:۰/۰۰۶-۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک. بیشترین تجمع فلزات در بافت کبد مشاهده شد. بررسی رابطه تجمع فلزات با پارامترهای رشد طول و سن نشان داد که این رابطه در بافت کبد سوف حاجی طرخان در مورد سرب و کادمیوم و در لای ماهی در مورد فلز کادمیوم معنی دار و یک رابطه منفی می باشد($p<0.05$). رابطه مقدار فلزات با ضریب چاقی در لای ماهی نشان داد که این رابطه در مورد فلز کادمیوم در عضله و سرب در بافت کبد منفی و معنی دار بود($p<0.05$).در سوف حاجی طرخان قوی ترین ارتباط معنی دار بین فلزات در بافت ها در مورد فلز سرب و کادمیوم در بافت کبد بدست آمد ($r = 0.78, p<0.05$). و در لای ماهی قوی ترین ارتباط معنی دار بین فلز سرب در کبد و کادمیوم در عضله مشاهده شد($r= 0.53, p<0.05$). بمنظورارزیابی سلامت ماهیان جهت مصرف انسانی مقایسه ای بین تجمع فلزات در بافت عضله با برخی استانداردهای تغذیه ای(MAFF,EEC)صورت گرفت که نشان دهنده سلامت ماهیان جهت مصرف انسانی می باشد.

کلید واژه: تالاب انزلی، فلزات سنگین، لای ماهی، سوف حاجی طرخان، MAFF، EEC

Abstract

(Title) Concentration of heavy metals (Pb,Cd)in muscles and livers of *Perca fluviatilis* and *Tinca tinca* in the Anzali wetland

(Author) Vahid Eslami

To understand the level of pollution in *Perca fluviatilis* and *Tinca tinca* in Anzali wetland concentration of Cd, Pb were determined in liver and muscle tissue and their relationships with growth parameters (length, age), physiological indices (hepatosomatic index, condition factor)and interaction between metals were studied. 16 specimens of *Perca fluviatilis* and 23 of *Tinca tinca* were caught during fishing season in Anzali wetland. Puring heavy metal detection were performed by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). Values were reported as $\mu g.gr^{-1}$dry body weigth. In *Tinca tinca* the range of metals in liver tissue were Pb (0.7- 2.66) Cd(0.06- 0.16) in muscle tissue were Pb(0.7- 1.8) Cd(0- 0.08) and in *Perca fluviatilis* the range of metals in liver tissue were Pb(0.7- 1.79) Cd(0.05- 0.15) and in muscle tissue were Pb(0.38- 0.89) Cd(0- 0.006) $\mu g.gr^{-1}$dry .The highest concentration of Pb and Cd were observed in liver tissue samples. Analyses of relationships between metals and growth parameters showed negative significant relationship of Pb and Cd in liver tissue of *Perca fluviatilis* and Cd in liver tissue of *Tinca tinca* ($p<0.05$). Analyses of relationship between metals and physiological indecs showed positive significant relationship between Pb and Cd in liver in *Perca fluviatilis* and condition factor , negative significant relationship between Cd in muscle and Pb in liver of *Tinca tinca* and condition factor ($p<0.05$). Pb and Cd in liver samples of *Perca fluviatilis* showed the strong correlation among metals ($p<0.05$, $r = 0.78$) and in *Tinca tinca* Pb in liver and Cd in muscle showed the strong correlation among metals ($p<0.05$, $r = 0.53$). Assessment of fish health for human consumption were performed based on comparison of metals concentration in fish samples with international standards (MAFF, EEC) showed that in examined fishes (*Tinca tinca* and *Perca fluviatilis*) with some caution (Cd, Pb) are safe for human consumption.

Keywords: Anzali wetland, Heavy metal, *Tinca tinca*, *Perca fluviatilis*, MAFF, EEC

فصل اول

مقدمه

۱-آلودگی

تحولات ایجاد شده در بخش های صنعتی و کشاورزی و ارتقاء سطح زندگی بشر در سال های اخیر، استفاده از فلزات سنگین را در زمینه های مختلف اجتناب ناپذیر نموده است. آلاینده های معدنی و آلی از جمه فلزات سنگین بعد از ورود به اکوسیستم های آبی در بدن آبزیان تجمع یافته و در جریان چرخه های زیستی به سطوح غذایی بالاتر و در نهایت به انسان منتقل می گردند. عناصر سنگین به علت اثرات سمی و توان تجمع زیستی در گونه های مختلف آبزیان و حتی به دلیل ورود به زنجیره های غذایی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند(حبیبیان، ۱۳۸۷). از نظر گروه حفاظت از محیط های دریایی سازمان ملل، آلودگی دریا ورود مواد یا انرژی توسط انسان به صورت مستقیم یا غیر مستقیم به محیط زیست دریایی می باشد، به طوری که اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان و حیات آبزیان داشته باشد(Clark, 2001).

۱-۱-انواع آلاینده ها

از عوامل فیزیکی، شیمیایی و میکروبی که آثار منفی بر کیفیت آب میگذارند می توان فاضلاب های صنعتی و خانگی، مواد مغذی، فلزات سنگین، آلاینده های میکروبی، ترکیبات آلی سمی ناشی از فعالیت های نفتی، ذرات معلق حاصل از فعالیت های کشاورزی، ترکیبات رادیو اکتیو و ... بیان کرد(جدول ۱-۱)(Kraemer et al., 2001).

جدول ۱-۱- آلاینده های اصلی موثر در کیفیت آب و منابع ورودی آنها (Kraemer et al., 2001)

نوع آلاینده	صنعت	شهرنشینی	کشاورزی	و...
آلاینده های آلی	✓	✓		
نوترینت ها(نیترات ، فسفات)		✓	✓	دامداری
فلزات سنگین	✓	✓		استخراج معادن
آلاینده های میکروبی		✓		دامداری
ترکیبات سمی آلی(آفت کش ها ،POPs[1])	✓	✓	✓	
ذرات معلق	✓	✓	✓	تغییر در کاربری زمین
مواد رادیواکتیو	✓			

1 - POPs: Persistent Organic Pollutions

در پی انتقال آلاینده های ذکر شده به محیط های دریایی این احتمال بوجود می آید که ماهی مقادیری از برخی فلزات سنگین را از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب میکند(امینی رنجبر و همکاران، ۱۳۸۴). از میان انواع آلاینده ها در اکوسیستم های آبی، فلزات سنگین یکی از مهمترین آلاینده ها بوده و باعث اختلال در عملکرد اکوسیستم ها، کاهش تنوع گونه ای و تغییر زیستگاههای آبی می شوند (Walker et al., 2004).

۱-۲- فلزات سنگین

در جدول تناوبی عناصری که جرم حجمی بیش از kg/m^3 ۴/۵-۵ داشته باشند جزء فلزات سنگین محسوب می شوند (D'Mello, 2003; Duruibe et al., 2007) . بعضی از این فلزات مانند روی و مس در غلظت های پایین برای سوخت و ساز آبزیان ضروری هستند (Clark, 2001). نقش بیولوژیکی برخی دیگر از آنها مانند کادمیوم ، جیوه و سرب هنوز مشخص نشده است. این فلزات حتی در غلظت های پایین روی ارگانیسم ها اثر سمی خواهند داشت (Türkmen et al., 2009; Kucuksezgin et al., 2006). فلزات سنگین به روشهای مختلف نظیر استخراج، فرایند ذوب، احتراق مواد سوختی و صنعتی شدن به محیط زیست راه یافته، از مسیرهای مختلف مانند نزولات جوی، نشت اتفاقی، تخلیه مواد زائد، تخلیه آب توازن کشتی ها، تخلیه فاضلاب های صنعتی، خانگی و کشاورزی و فرسایش خاک به محیط های آبی انتقال می یابند(Al-Yosouf et al., 2000; Filazi et al., 2003; Karadede et al., 2004). این عناصر به خاطر پایداری در چرخه های بیولوژیک، دارای اهمیت بوده و به لحاظ اکوتوکسیکولوژیک بسیار خطرناک هستند(Golovanova., 2008).

۱-۲-۱- سرب

۱-۲-۱-۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی

سرب با عدد اتمی ۸۲ به رنگ سبز – آبی و درخشنده است. این فلز نرم ، رسانای الکتریکی ضعیفی بوده و در برابر خوردگی بسیار مقاوم می باشد. سرب متعلق به گروه A، IV جدول تناوبی و دارای وزن اتمی ۲۰۷/۲، نقطه ذوب $^{\circ}C$ ۳۲۸ و وزن مخصوص kg/m^3 ۱۱/۴ می باشد. این فلز دارای ۲ عدد اکسیداسیون II و IV است و در اغلب ترکیبات غیر آلی به صورت دو ظرفیتی ظاهر می شود(Bradl, 2005).

سرب دارای ۴ ایزوتوپ است که فراوانترین آن $Pb^{۲۰۸}$ با مقدار ۵۲/۳ درصد در مقایسه با سایر ایزوتوپ ها می باشد (WHO[۲], 2003). ترکیبات کربنات($PbCO_3$)، و کلراید($PbCl_n$) و هیدروکسید($PbOH_n$) از انواع غالب سرب غیر آلی در آب ها می باشند که در این میان ترکیبات کربناته فراوانترین شکل را به خود اختصاص می دهند(Neff, 2004). نمک های کلراید سرب به مقدار کمی در آب محلول بوده، اما نمک های کربنات و هیدروکسید آن تقریبا نا محلول هستند (Bradl, 2005). به طور معمول کمتر از ۵ درصد سرب غیر آلی در آب های دریایی به صورت یون های آزاد(Pb^{2+}) وجود دارد. در بین اشکال غیر آلی سرب، یون های آزاد آن دارای اثرات سمی بیشتری میباشند(Neff, 2004).

۱-۲-۱-۲- منابع و کاربردهای سرب

مقدار متوسط سرب در طبیعت حدود ppm ۱۵ است(Bradl, 2005). از مجموع سرب موجود در محیط طبیعی بیش از ۹۷ درصد آن حاصل از فعالیت های انسانی می باشد(Walker et al., 2004).

سرب در بسیاری از فعالیت های صنعتی و اقتصادی ضروری بوده و بطور وسیعی در ساخت باتری های قابل شارژ، رنگ ها، آلیاژها، اسلحه و مهمات جنگی و ترکیبات نفتی بکار برده می شود. همچنین در صفحات تابشی و به عنوان تثبیت کننده حرارتی در PVC[۳] نیز کاربرد دارد (Bradl, 2005). امروزه ساخت باتری های قابل شارژ بیش از ۷۵ درصد مصرف سرب را به خود اختصاص می دهد(Nordic council of ministers, 2003).

WHO: World Health Organization (United Nations) - 1
PVC: Polyvinly Chloride - 2

۱-۲-۱-۳- جذب و اثرات سمی سرب در ماهیان

سرب به صورت یون، مولکولها و ترکیبات آلی و یا ذرات و از طریق مواد غذایی وارد بدن ماهیان می شود(Odum, 2000). این فلز در ماهیان عموما از طریق آبشش ها جذب می شود(Muller et al., 1994).

اثرات معمول سرب، ایجاد اختلال در سیستم های خونی ، عصبی و تولید مثلی است(Bradl, 2005). اریتروسیت ها اولین و مهمترین آسیب را در مواجهه با سرب متحمل می شوند.

در اثر وجود سرب تعداد اریتروسیت ها افزایش یافته و اندازه آنها کوچکتر می شود. این اریتروسیت ها شکننده شده و به راحتی تخریب می شوند. قرارگرفتن در معرض سرب می تواند موجب اختلال در تنظیم Na^+, Cl^+, K^+ در آبشش شده و فعالیت ATPase نیز تحت تاثیر قرار میگیرد(Newman et al., 2008).

۱-۲-۱-۴- جذب و اثرات سمی سرب در انسان

بیش از ۸۰ درصد جذب روزانه سرب از طریق غذا و تنفس می باشد لیکن جذب از طریق غذا بیشترین مقدار را به خود اختصاص می دهد (WHO. 2003; Yilmaz et al., 2007). به طور کلی جذب سرب از طریق غذا باید در کمترین مقدار ممکن باشد تا اثرات ناشی از مصرف آن به حداقل برسد. بر این اساس سازمان بهداشت جهانی WHO، مقدار PTWI[۴] را برای سرب ۰/۰۲۵ mg/kg وزن بدن تعیین کرده است (D'Mello, 2003; FAO/WHO. 2006). بیش از ۹۵-۸۰ درصد میزان سرب موجود در بدن در بافت های استخوانی تجمع می یابد(WHO. 2003).

سرب نیز مانند کادمیوم جز فلزات سرطانزا محسوب می شود (Guy et al., 1999). نیمه عمر سرب در بافت های استخوانی حدود ۲۷-۱۷ سال است(WHO. 2003)، بنابراین حتی در مقدار اندک نیز به دلیل ثبات و پایداری در بدن، از سمیت بالایی برخوردار است(Bradl, 2005). سرب موجود در استخوان با کلسیم جابجا شده و باعث بروز ناراحتی های استخوانی می شود، علاوه بر این در مواقع بروز تب، این عنصر می تواند به سایر اعضا راه یافته و باعث بروز اثرات سمی هموگلوبین، کم خونی و اختلالات تولید مثلی شود. این فلز می تواند اثرات مخربی در بافت های مختلف بدن به ویژه سیستم عصبی و کلیه ها داشته باشد. سرب با اتصال به یون های کلسیم در بدن، سنتز پروتئین ها و فعالیت میتوکندری ها را دچار اختلال می کند(Bradl, 2005; D'Mello, 2003; Guy et al., 1999).

---

1 - PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake

۱-۲-۲- کادمیوم

۱-۲-۲-۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

کادمیوم فلزی نرم، به رنگ سفید – نقره ای و درخشان است که در گروه IIb جدول تناوبی قرار دارد(Bradl, 2005). این فلز دارای وزن اتمی ۱۱۲/۴، چگالی $8/64\ g/cm^3$ و نقطه ذوب $320/9\ ^0c$ می باشد(WHO. 2004). کادمیوم دارای ۸ ایزوتوپ است که فراوانترین ایزوتوپ آن ^{113}Cd با فراوانی ۲۴/۰۷ درصد نسبت به دیگر ایزوتوپ ها است.

این فلز تقریبا در تمام ترکیبات به شکل یون های دو ظرفیتی و بصورت ترکیب با یون های آمونیوم، سیانید،آمین های آلی، ترکیبات سولفور، گروههای کلر و chelate ها دیده می شود. اشکال قابل رسوب کادمیوم عموما در ترکیب با گروههای کربنات، آرسنات، فسفاتاز، اکسالات و فروسیانیدها دیده می شود(Bradl, 2005). اما نمک های کلراید و سولفات آن به آسانی در آب قابل انحلال هستند.

شکل های غالب کادمیوم محلول در آب شامل $CdCl_3^{-1}$، $CdCl^{+}$، $CdCl^{-2}$ هستند که حدود ۳۰ درصد مجموع کادمیوم محیط های آبی را تشکیل می دهند. در این میان Cd^{2-} دارای بیشترین اثرات سمی می باشد. مقدار انحلال این ترکیبات در آبهای مختلف متفاوت بوده و به میزان شوری بستگی دارد(Neff, 2004).

۱-۲-۲-۲- منابع و کاربردهای کادمیوم

کادمیوم از نظر فراوانی شصت و چهارمین عنصر موجود در پوسته زمین است که میانگین غلظت آن ۰/۱۸ است (EPA. 2001). این فلز ویژگی های مشابه روی داشته و به همین دلیل در سنگ های معدنی غالبا به همراه Zn و Pb-Cu دیده می شود(Bradl, 2005). از مجموع کادمیوم موجود در محیط های طبیعی بیش از ۹۸ درصد آن ناشی از فعالیت های انسانی می باشد (Walker et al., 2004). و منابع اصلی ورود آن به محیط کود فسفاته، تخلیه فاضلاب ها، فعالیت های مربوط به استخراج فلزات از معدن و ذوب فلزات می باشند(Bradl, 2005).

در گذشته این فلز در ساخت آلیاژها، صفحات الکترونیکی، رنگ ها، به عنوان تثبیت کننده در پلاستیک های پلی اتیلن و نیز محافظت ترکیبات آهنی در مقابل خوردگی به کاربرده میشد. امروزه با توجه به اثرات سمی کادمیوم در محیط طبیعی، کاربرد آن در جهان محدود شده است. اگرچه هنوز هم در بسیاری از کالاهای مصرفی یافت می شود (D'Mello, 2003; Bradl, 2005). در حال حاضر استفاده از آن در ساخت باتری های Ni - Cd رو به افزایش است (Idvanina et al., 2008) و حدود ۵۵ درصد کادمیوم ورودی به محیط های طبیعی، ناشی از مصرف آن در ساخت باتری های قابل شارژ و لوازم الکتریکی است(WHO. 2000).

۱-۲-۲-۳- جذب و اثرات سمی کادمیوم در ماهیان

جذب کادمیوم در ماهی عمدتا از سه مسیر آبشش، پوست و دیواره روده(غذا) صورت میگیرد(Bhakta et al., 2008). دو مسیر اصلی آن آبشش ها و دیواره روده می باشند(Newman et al., 2003).

از اثرات سمی کادمیوم در ماهیان می توان به اختلال در جذب اکسیژن توسط میتوکندری ها، برهم زدن تعادل یونی و اسمزی در سلول، افزایش هیدرولیز ATP و کاهش کارایی هضم اشاره کرد (Burger, 2008; Newman et al., 2008; Golovanova, 2008). این فلز متابولیسم گلیکوژن را در کبد تغییر داده، و با تغییر در مسیرهای آنزیمی موجب رهاسازی گلوکز می شود. قرارگیری در معرض کادمیوم موجب کاهش اندازه کبد و از دست دادن ذخایر گلیکوژنی کبد و ماهیچه در ماهیان می شود. چنانچه غلظت کادمیوم در کلیه افزایش یابد، دفع مواد پروتئینی از طریق ادرار تشدید شده(proteinase) و باعث تخریب کلیه می شود. این فلز از طریق آسیب رساندن به سلول های adrenocortical، باعث ایجاد اختلال در ترشح کورتیزول شده و همچنین علاوه بر کاهش میزان هماوری، موجب تاخیر در اولین دوره تخم ریزی نیز می شود (Newman et al., 2008).

۱-۲-۲-۴- جذب و اثرات سمی کادمیوم در انسان

انتقال کادمیوم از طریق مواد غذایی، از مسیرهای اصلی ورود آن به بدن انسان می باشد(WHO. 2004; Bradl, 2005). از مقدار کادمیوم موجود در غذا، روزانه ۷-۳ درصد آن جذب می شود. این در حالی است که در شرایط کمبود آهن این مقدار به ۲۰-۱۵ درصد می رسد(WHO. 2004). سازمان جهانی WHO، مقدار PTWI را برای کادمیوم ۰/۰۰۷ mg/kg وزن بدن تعیین کرده است. در مقادیر تعیین شده و پایین تر از آن اثرات سمی ناشی از وجود کادمیوم در مواد غذایی مورد مصرف انسان، به حداقل خواهد رسید(D'Mello, 2003; FAO/WHO. 2006).

کادمیوم از جمه سمی ترین عناصر بوده و دارای اثرات سرطانزایی می باشد. اگرچه غلظت این عنصر در محیط نسبت به دیگر فلزات اندک است. اما نیمه عمر طولانی آن (۱۵-۱۰) سال منجر به افزایش تدریجی آن در بدن وتشدید اثرات سمی این فلز میشود(Guy et al., 1999; Sigel et al., 2009). از جمله اثرات کادمیوم در انسان می توان به اختلالات تولید مثلی اشاره کرد. این فلز از متابولیسم Ca، ویتامین D و کلاژن ممانعت کرده و موجب تحلیل رفتن استخوان ها میشود. همچنین کادمیوم میزان دفع Ca از طریق ادرار را افزایش می دهد(D'Mello, 2003). قرار گرفتن طولانی مدت در معرض کادمیوم منجر به آسیب های ریوی و کلیوی شده که نتیجه آن افزایش دفع مواد پروتئینی و کاهش میزان فیلتراسیون گلومرول است(Bradl, 2005; Neff, 2004).

۱-۳- آلودگی در تالاب انزلی