بررسی مقایسه‌ای میزان کادمیوم و جذب هفتگی آن در برنج‌های وارداتی و ایرانی

مهرداد چراغی

دانشیار گروه محیط‌زیست، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: cheraghi.mehrdadd@gmail.com

(دریافت مقاله: ۹۲/۷/۱۸ پذیرش نهایی: ۹۳/۹/۲۶)

چکیده

هدف این مطالعه بررسی مقایسه‌ای میزان کادمیوم و جذب هفتگی آن در نمونه‌های برنج وارداتی با برنج کشت شده در شهرستان‌های بروجرد و اصفهان در سال ۱۳۹۰ بود. به‌این منظور تعداد ۳۰ نوع برنج وارداتی از کشور هند و ۵ نوع برنج ایرانی عرضه شده در بازار مصرف شهرهای تهران و همدان نمونه‌گیری شدند. غلظت تجمع یافته کادمیوم در نمونه‌ها پس از فرآیند هضم اسیدی، با استفاده از دستگاه نشر اتمی قرائت گردید. بر اساس نتایج مطالعه، میانگین غلظت فلز کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی ۱۹/۵٤ µg/kg ± ۱۰۷/٦۰ وزن خشک و در نمونه‌های برنج کشت داخل ۱۲/۵۵ µg/kg ± ٤٤/۷۰ وزن خشک بود. مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در برنج‌های وارداتی و ایرانی با استاندارد سازمان‌های بهداشت جهانی و خواربار و کشاورزی ملل متحد، غلظت آلودگی را کمتر از حد مجاز مربوطه نشان داد. هم‌چنین متوسط جذب هفتگی فلز کادمیوم از برنج‌های وارداتی و ایرانی به‌ترتیب ۲/۰۷ و ۰/۸٦ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته و کمتر از حد مجاز WHO/FAO برآورد شد. لذا طبق یافته‌های این مطالعه، مصرف برنج‌های وارداتی و داخلی مشکل بهداشتی برای مصرف‌کنندگان به‌همراه نخواهند داشت، اما تجمع این عنصر در بافت‌های حساس بدن می‌تواند به مرور زمان موجب بروز مشکلاتی برای سلامتی مصرف‌کنندگان گردد.

واژه‌های کلیدی: برنج ایرانی، برنج وارداتی، کادمیوم، جذب هفتگی قابل تحمل

مقدمه

آلودگی ناشی از فلزات سنگین نه تنها منجر به کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود، بلکه به‌واسطه جذب این عناصر توسط گیاهان و از طریق خاک، ضمن تأثیر بر رشد محصولات، می‌تواند از طریق ورود به زنجیر غذایی، مشکلات جدی برای سلامتی به‌دنبال داشته باشد (Adriano, 1992). بسیاری از گزارش‌ها در مورد انتشار عناصر آلاینده نشان می‌دهد که منشأ اصلی انتشار غیرشغلی این عناصر در جوامع، ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده می‌باشد، تا جذب از طریق دیگر منابع (Ikeda *et al*., 1989; Watanable, 1989; Moon *et al*., 1995).

کادمیوم یکی از شناخته شده‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی است که از طریق هر دو منبع طبیعی و مصنوعی به محیط زیست و به‌ویژه لیتوسفر وارد می‌شود. از جمله مهم‌ترین منابع مصنوعی آلودگی خاک و به تبع آن محصولات کشاورزی به کادمیوم می‌توان به تخلیه لجن فاضلاب صنعتی، کاربرد کودهای سوپر فسفات، دفن ضایعات غیرآهنی در زمین و واقع شدن زمین‌های کشاورزی محدود به معادن سرب و روی یا پالایشگاه‌ها اشاره نمود (Afshar *et al*., 2000; Lin *et al*., 2004). این عنصر با نیم‌عمر زیستی طولانی، نه‌تنها هیچ‌گونه نقش ساختاری در بدن انسان ندارد، بلکه از قابلیت تجمع در کبد و کلیه‌ها و قابلیت آسیب‌رسانی به آن‌ها برخوردار است (WHO, 1992; 2004; Fu, 2008). هم‌چنین ورود کادمیوم به زنجیره غذایی می‌تواند منجر به آسیب‌های جدی به ریه‌ها و استخوان‌ها، ایجاد کم‌خونی و گاهی اوقات افزایش فشار خون شود (Afshar *et al*., 2000). به‌عنوان مثال برنج به‌واسطه تخلیه غیرقانونی فاضلاب از تصفیه‌خانه‌ها و کارخانجات بازیافت فلزات در کشور تایوان به فلز کادمیوم آلوده شده است (Lin *et al*., 2004). جارویس و همکاران گزارش کردند که کادمیوم به‌آسانی توسط گیاهان جذب شده و به اندام‌های مختلف بدن موجودات منتقل می‌شود (Jarvis *et al*., 1976).

برنج یکی از معدود گیاهانی است که هم در شرایط احیاء در خاک‌های غرقابی شالیزارها و هم در شرایط اسیدی، بعد از زهکشی و خشک شدن شالیزار رشد می‌کند. در خاک‌های غرقابی و با کاهش پتانسیل اکسیداسیون و احیاء، به‌دلیل تشکیل سولفیدکادمیوم جامد، غلظت کادمیوم محلول کاهش می‌یابد و از قابلیت استفاده آن کاسته می‌شود. ولی با افزایش پتانسیل اکسیداسیون و احیاء، با اکسید ترکیب نامحلول سولفیدکادمیوم و تبدیل آن به کادمیوم دو ظرفیتی، قابلیت جذب آن توسط گیاه افزایش می‌یابد (Mclaughlin *et al*., 1999). بنابراین افراد و به‌ویژه آن‌هایی که از برنج به‌عنوان یک غذای اصلی برای کسب انرژی روزانه استفاده می‌کنند، حتی در نواحی غیرآلوده نیز از امکان جذب مقادیر بیش از حد مجاز کادمیوم را دارند (Watanable *et al*., 1996). برای مثال، برنج در قرن بیستم میلادی به‌عنوان منبع اصلی جذب کادمیوم در بیماران مبتلا به ایتای‌ایتای (Itai Itai) در حوضه رودخانه ژینزو در کشور ژاپن شناخته شد (Shimbo *et al*., 2001). هم‌چنین در حدود ۵۰ درصد از جذب روزانه کادمیوم در شهروندان اندونزیایی و ٤٠ تا ٦٠ درصد از جذب روزانه آن در شهروندان ژاپنی با مصرف برنج مرتبط شناخته شده است (Rivail *et al*., 1990). سازمان خواروبار و کشاورزی و بهداشت

جهانی (FAO/WHO) حداکثر غلظت مجاز کادمیوم در برنج را µg/kg ۲۰۰ و جذب هفتگی قابل تحمل ناحیه‌ای این عنصر را µg/kg ۷ وزن بدن تعیین کرده‌اند (WHO, 2004).

تاکنون چندین مطالعه بر روی بررسی محتوی فلزات سنگین برنج در ایران و سایر کشورها انجام گرفته است (شکرزاده و همکاران، ۱۳۹۱، شکرزاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ پیرزاده و همکاران، ۱۳۹۱؛ هدایتی فر و همکاران، ۱۳۸۹؛ Zazouli *et al.*, 2008؛ Lin *et al.*, 2004؛ Bakhtiarian *et al.*, 2001؛ Al-Saleh and Shinwari, 2001؛ Shimbo *et al.*, 2001). در این مطالعه، غلظت تجمع یافته فلز کادمیوم و جذب هفتگی آن در نمونه‌های برنج وارداتی از کشور هند با نمونه‌های برنج کشت شده در شهرستان‌های بروجرد و اصفهان مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها

نمونه‌های برنج به‌طور تصادفی از بازار خرده‌فروشی شهرهای تهران و همدان خریداری شدند. در مجموع ۳۵ نوع برنج شامل ۳۰ نوع برنج وارداتی از کشور هند، چهار نوع برنج کشت شده در شهرستان بروجرد و یک نوع برنج کشت شده در شهرستان اصفهان نمونه گیری شد. از هر نمونه چهار کیسه به‌طور تصادفی انتخاب و از هر کیسه مقداری برنج برداشت و با یکدیگر مخلوط شدند.

آماده‌کردن و آنالیز نمونه‌ها

برای تعیین غلظت فلز کادمیوم در برنج خام، مقداری از نمونه‌های برنج جمع‌آوری شده برای از بین بردن آلاینده‌های احتمالی به‌خوبی با آب دوبار تقطیر شستشو شدند. نمونه‌ها در داخل دستگاه آون در دمای ۶۰ درجه سلسیوس برای مدت ۷۲ ساعت خشک و در داخل ظروف پلی‌اتیلنی در دمای اتاق نگه‌داری شدند (Bhattacharya *et al.*, 2010). سپس ۲ گرم از هر نمونه توسط مخلوطی از اسیدنیتریک-پرکلریک طبق روش (American Society for Testing and Materials) ASTM هضم شد (ASTM, 2000). به‌این ترتیب که به ازای هر گرم از نمونه برنج ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک-پرکلریک (۷۰ درصد) به نسبت ۳ به ۱ همراه با ۲/۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک اضافه و مخلوط حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه هم‌زده شد. سپس بشر حاوی هر نمونه با شیشه ساعت تمیز پوشانده و بر روی هیتر تا نقطه جوش به‌صورت تدریجی حرارت داده شد. این فرآیند تا زمانی ادامه پیدا کرد که نمونه تبخیر و بخار پرکلریک‌اسید کاملاً از آن خارج گردید. سپس نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ در بالن‌های ۲۵ میلی‌لیتری صاف شد و توسط آب دوبار تقطیر به حجم رسانده و در بطری‌های پلی‌اتیلنی ذخیره گردید. در نهایت غلظت کادمیوم هر نمونه در سه تکرار توسط دستگاه نشر اتمی Varian 710-ES بر حسب µg/kg وزن خشک قرائت گردید (Rahman *et al.*, 2008).

محاسبه جذب هفتگی فلز کادمیوم

برای محاسبه جذب هفتگی فلز کادمیوم در اثر مصرف نمونه‌های برنج مورد مطالعه، ابتدا نسبت به محاسبه جذب روزانه (EDI) این عنصر بر اساس میانگین مصرف روزانه برنج در کشورهای آسیایی (معادل ۱۶۵ گرم در روز به ازای یک فرد ۶۰ کیلوگرمی) با استفاده از رابطه زیر اقدام گردید و سپس

نتایج حاصل برای یک هفته تعمیم یافت (Zhong *et al.*, 2006).

$$EDI = \frac{C \times Cons}{Bw}$$

در این رابطه:

C: غلظت فلز سنگین در برنج مصرف شده برحسب میکروگرم بر کیلوگرم؛

Cons: متوسط مصرف روزانه برنج در ناحیه مورد مطالعه برحسب گرم در روز؛

BW: متوسط وزن بدن بر حسب کیلوگرم می‌باشد.

پس از اندازه‌گیری مقدار جذب روزانه و هفتگی فلز کادمیوم، نسبت به مقایسه آن با حد مجاز ارایه شده توسط WHO/FAO و ارزیابی خطرات بالقوه سلامتی ناشی از مصرف آن اقدام گردید (WHO, 2004).

پردازش آماری

به‌این منظور از ویرایش ۱۸ نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، برای مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته کادمیوم در نمونه‌ها از آزمون T تک‌نمونه‌ای و برای مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی با برنج کشت داخل از آزمون T مستقل استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج مربوط به آماره‌های توصیفی غلظت تجمع‌یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی و ایرانی در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱)- غلظت کادمیوم در برنج‌های وارداتی و ایرانی

کد برنج	غلظت *(µg/kg)		
	کمینه	بیشینه	میانگین ± انحراف معیار
برنج وارداتی			
۱	۱۰۲	۱۱۸	۱۰۷/۷ ±۷/۰٤
۲	۸۰	۹۹	۹۰/۲۵±۸/٦٤
۳	۹۵	۱۰۵	۱۰۰/۰±٤/٤۰
٤	۱۱۵	۱۳۳	۱۲۲/۰±۸/٤۰
۵	۱۱۳	۱۱۹	۱۱٦/۰±۲/٦۰
٦	۸۹	۹۸	۹۳/۷۰±٤/۹۰
۷	۱۳۰	۱۳۹	۱۳٦/۲±٤/۲۰
۸	۱۰٤	۱۲۷	۱۱٤/۷±۹/۹۰
۹	٦٦	۷۹	۷۲/۰±۵/۵۰
۱۰	۱۱۱	۱۲٦	۱۱۹/۰±٦/۲۰
۱۱	۱۰۱	۱۲۹	۱۱۲/۷۰±۱۱/۳٦
۱۲	۷۰	۸۹	۷۹/۰±۹/۹۰
۱۳	٦۱	۷۰	٦۵/۵۰±٤/٦۵

ادامه جدول ۱

کد برنج	غلظت *(µg/kg)		
	کمینه	بیشینه	میانگین ± انحراف معیار
برنج وارداتی			
۱٤	۱۰۲	۱۲۰	۱۱۳/۰±۷/۸۷
۱۵	۱۱۲	۱۳۷	۱۲۷/۷۵±۱۱/۱۵
۱٦	۹۰	۹۹	۹۵/۵۰±۳/۸۷
۱۷	۱۱٦	۱۳۰	۱۲۳/۷۵±۵/۸۰
۱۸	۱۳۸	۱٤٤	۱٤۱/۰±۲/۵۸
۱۹	۸۳	۹۷	۹۱/۲۵±٦/۲٤
۲۰	۱۰٤	۱۳۷	۱۲۱/۵۰±۱٤/۵۲
۲۱	۱۱۰	۱۳۸	۱۲۲/۲۵±۱۱/٦۷
۲۲	۱۰۵	۱۲٦	۱۱۵/۰±۸/٦۰
۲۳	۷۹	۸۹	۸۳/۵۰±٤/٤۳
۲٤	۱۰۰	۱۲۷	۱۱۲/۲۵±۱۱/۲۳
۲۵	۸۹	۹۵	۹۱/۷۵±۲/۷۵
۲٦	۱۰۰	۱۲۰	۱۰٦/۵۰±۹/۲۵
۲۷	۱۳۸	۱٤٦	۱٤۱/۲۵±۳/٦۰
۲۸	۱۱۹	۱۲۸	۱۲۳/۲۵±٤/٤۲
۲۹	۷۹	۹۹	۸۷/۰±۸/٦٤
۳۰	۹۹	۱۱۰	۱۰٤/۰±۵/۳۵
کل	**٦۱**	**۱٤٦**	**۱۰۷/٦۰±۱۹/۵٤**
برنج ایرانی			
۱	۳۳	٤۲	۳۸/۵۰±۳/۸۷
۲	۵۱	۵۹	۵۵/۰±۳/٦۵
۳	۲۲	۲۹	۲٦/۵۰±۳/۱۱
٤	٤۲	٤۹	٤٦/۵۰±۳/۱۱
۵	۵۰	٦۱	۵۷/۰±٤/۸۳
کل	**۲۲**	**٦۱**	**٤٤/۷۰±۱۲/۵۵**

* غلظت کادمیوم میانگین سه تکرار می‌باشد.

در جدول (۲) جذب هفتگی عنصر کادمیوم در نمونه‌های وارداتی و ایرانی به ازای متوسط وزن ٦۰ کیلوگرم و هم‌چنین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ارایه شده است.

جدول (۲)- جذب هفتگی کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی و ایرانی

نوع برنج	جذب هفتگی کادمیوم (میکروگرم)					
	برای وزن ٦٠ کیلوگرم در هفته			برای هر کیلوگرم وزن بدن در هفته		
	حداقل	حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر	متوسط
وارداتی	١١٥/٥	١٣٣/٦	١٢٤/٢٧	١/٩٢	٢/٢٢	٢/٠٧
ایرانی	٤٥/٠٤	٤٥/٤٤	٥١/٦٢	٠/٧٥	٠/٩٢	٠/٨٦

در جداول (۳) و (٤) به‌ترتیب مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌ها با استاندارد WHO/FAO و مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم مابین نمونه‌های برنج وارداتی و ایرانی نشان داده شده است.

جدول (۳)- مقایسه آماری میانگین غلظت عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج مورد مطالعه با حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی برحسب µg/kg

پیراسنجه	تعداد	تفاوت میانگین از استاندارد	آماره t	درجه آزادی	P-Value	فاصله اطمینان (٩٥٪)	
						حد پایینی	حد بالایی
Test Value= 200							
برنج وارداتی							
کادمیوم	٣٠	-٠/٠٩٢٣٥	-٢٥/٨٨٨	٢٩	٠/٠٠٠	-٠/٠٩٩٦	-٠/٠٨٥١
برنج ایرانی							
کادمیوم	٥	-٠/١٥٥٣٠	-٢٧/٦٦٤	٤	٠/٠٠٠	-٠/١٧٠٩	-٠/١٣٩٧

جدول (٤)- مقایسه میانگین غلظت عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی با برنج کشت داخل توسط آزمون T مستقل

آزمون T مستقل	آزمون لون برای برابری واریانس‌ها		آزمون تی برای برابری میانگین‌ها				
	F	P-Value	آماره t	درجه آزادی	P-Value	حدود اطمینان ٩٥٪ حد پایین	حد بالا
فرض همگن بودن واریانس‌ها	٧/١٦	٠/٠٠٨	١٣/٣٦	١٣٨	٠/٠٠	٠/٠٥٣	٠/٠٧٢
فرض همگن نبودن واریانس‌ها			١٩/٢٦	٤٠/٣٢	٠/٠٠	٠/٠٥٦	٠/٠٦٩

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون کولموگرف – اسمیرنف نشان داد که نتایج از توزیع نرمال برخوردار هستند. نتایج آمار توصیفی عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی و ایرانی بیانگر آن بود که میانگین غلظت تجمع یافته کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی ١٠٧ µg/kg وزن خشک با دامنه ١٤٦-٦١ µg/kg و در برنج‌های ایرانی

µg/kg ٤٤ وزن خشک با دامنه µg/kg ٦١-٢٢ می‌باشد (جدول ١).

نتایج جذب هفتگی فلز کادمیوم به‌واسطه مصرف نمونه‌های برنج مورد مطالعه بیانگر آن بود که متوسط جذب هفتگی این عنصر در نمونه‌های برنج وارداتی برابر ٢/٠٧ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته با دامنه µg/kg ٢/٢٢-١/٩٢ و در نمونه‌های برنج ایرانی برابر ٠/٨٦ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته با دامنه µg/kg ٠/٩٢-٠/٧٥ و به‌ترتیب معادل ٣٠ و ١٢ درصد حد مجاز جذب هفتگی قابل تحمل (٧ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته) ارایه شده توسط WHO/FAO می‌باشد (جدول ٢). نتایج مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج مورد مطالعه با رهنمود WHO/FAO (µg/kg ٢٠٠) بیانگر آن بود که میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های برنج وارداتی و ایرانی کمتر از حد استاندارد می‌باشد (جدول ٣). همچنین نتیجه آزمون آماری T مستقل نشان داد که بین میانگین غلظت تجمع یافته کادمیوم در نمونه‌های برنج ایرانی و وارداتی بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم به‌ترتیب برابر با ٤٤/٧ و ١٠٧/٢ اختلاف معنی‌دار ($P < ٠/٠٥$) وجود دارد (جدول ٤).

مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌های مورد مطالعه با میانگین غلظت این عنصر در سایر نمونه‌های برنج، بیانگر تجمع مقادیر کمتر عنصر کادمیوم در نمونه‌های مورد ارزیابی در مقایسه با نمونه‌های برنج کشت شده در کشور مالزی (µg/kg ١٨٠)، برنج طارم کشت شده در شهرستان قائم‌شهر (µg/kg ٤٠٠)، برنج طارم کشت شده در استان گلستان (µg/kg ١٧٠) برنج کشت شده در استان اصفهان (µg/kg ٦٠٠)، استان فارس (µg/kg ٣٠٠) و استان خوزستان (µg/kg ٤٠٠) و مقادیر بیشتر در مقایسه با نمونه‌های برنج کشت شده در کشور تایوان (µg/kg ١٠)، برنج کشت شده در استان لرستان (µg/kg ٣٧) و برنج کشت شده در کشور هند (µg/kg ٤٠) می‌باشد (شکرزاده و همکاران، ١٣٩١، ١٣٩٢؛ پیرزاده و همکاران، ١٣٩١؛ هدایتی‌فر و همکاران، ١٣٨٩؛ Yap *et al.*, 2009؛ Zazouli *et al.*, 2008؛ Lin *et al.*, 2004). همچنین مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج مورد ارزیابی با نمونه‌های کشت شده در سایر مناطق جهان (جدول ٥)، بیانگر تجمع بیشتر عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج ارزیابی شده در این پژوهش می‌باشد (Watanable *et al.*, 1996).

جدول (٥)- مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم در نمونه‌های برنج نواحی مختلف جهان با مطالعه حاضر

منطقه کشت	میانگین غلظت (µg/kg)
مطالعات خارجی	
استرالیا	٢/٦٧
چین	١٥/٥٤
تایوان	٣٩/٥٥
اندونزی	٢١/٧٧
ژاپن	٥٥/٧٠
کره	١٥/٧٠
تایلند	١٥/٠٤
مالزی	٢٧/٧٤
فیلیپین	٢٠/١٤
ویتنام	١٨/٥٠
کانادا	٢٩/٠٢
کلمبیا	١٣٣/٢٠
فنلاند	٢٥/٨٠
فرانسه	١٧/٤١
ایتالیا	٣٣/٩٢

ادامه جدول ۵

منطقه کشت	میانگین غلظت (µg/kg)
آفریقای جنوبی	۱۵/۸۲
اسپانیا	۰/۸۵
آمریکا	۷/٤۳
مطالعات داخلی	
استان لرستان	۳۷
قائم شهر	٤۰۰
استان گلستان	۱۷۰
استان اصفهان	٦۰۰
استان فارس	۳۰۰
استان خوزستان	٤۰۰
مطالعه حاضر	
برنج وارداتی	۱۰۷/٦۰
برنج ایرانی	٤٤/۷۰

در این مطالعه مقایسه نتایج مربوط به جذب هفتگی کادمیوم با یافته‌های سایر پژوهش‌ها نشان داد که این مقدار برای مردم تایوان برابر با ۰/۲۱ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته و برای برنج طارم کشت شده در شهرستان قائم شهر برابر با ۷/۷۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته و به‌ترتیب کمتر و بیشتر از حداکثر جذب هفتگی مجاز تعیین شده توسط WHO/FAO می‌باشد (Lin *et al*., 2004; Zazouli *et al*., 2008).

با توجه به نتایج حاصل می‌توان اذعان نمود که مصرف برنج‌های وارداتی و ایرانی مورد بررسی در این پژوهش از نظر غلظت تجمع یافته عنصر کادمیوم هیچ‌گونه مشکل بهداشتی برای مصرف‌کننده به‌دنبال نخواهد داشت. اما توجه به این نکته ضروری است که عنصر کادمیوم نقش ساختاری در بدن انسان ندارد، لذا ورود این عنصر به بدن به‌دلیل برخورداری از قابلیت تجمع در بافت‌های حساس بدن امکان بروز مشکلاتی را برای سلامتی مصرف‌کنندگان در آینده در پی خواهد داشت.

منابع

- پیرزاده، مهناز؛ افیونی، مجید و خوشگفتارمنش، امیرحسین (۱۳۹۱). وضعیت روی و کادمیوم در خاک‌های شالیزاری و برنج استان های اصفهان، فارس و خوزستان و تاثیر آنها بر امنیت غذایی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)، سال شانزدهم، شماره ٦۰، صفحات: ۹۳-۸۱.
- شکرزاده، محمد؛ پران دوجی، متین و شکی، فاطمه (۱۳۹۲). بررسی میزان سرب، کادمیوم و کروم در برنج‌های هندی وارداتی و برنج طارم تولیدی استان گلستان، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره ۲۳، شماره ۱۰۹، صفحات: ۱۲۳-۱۱۵.
- شکرزاده، محمد؛ رکنی، محمود علی و گالستین (۱۳۹۱). بررسی میزان فلزات سنگین (کروم، کادمیوم، سرب) در آب آبیاری و برنج رقم طارم تولیدی مزارع شهرهای مرکزی استان مازندران، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران ، دوره ۲۳، شماره ۹۸، صفحات: ۲٤۲-۲۳٤.

• هدایتی‌فر، روشنک؛ فلاحی، ابراهیم و بیرجندی، مهدی (۱۳۸۹). اندازه‌گیری مقدار فلزات سرب و کادمیوم نمونه‌های برنج پر مصرف استان لرستان و مقایسه آن با استانداردهای ملی، مجله دانشگاه علوم پزشکی لرستان (یافته)، دوره ۱۲، شماره ٤، صفحات: ۲۲-۱۵.

- Adriano, D.C. (1992). Biogeochemistry of Trace Metals, Boca Raton, Florida: Lewis, pp: 109-158.
- Afshar, M., Ghazaei, S. and Saad, E. (2000). Determination of cadmium in Amol and Thailand rice, 4th International Iranian Congress on Poisoning, Theran, Iran.
- Al-Saleh, I. and Shinwari, N. (2001). Report on the levels of cadmium, lead, and mercury in imported rice grain samples. Biological Trace Element Research, 83(1): 91-96.
- ASTM. (2000). Annual Book of ASTM standards, water and Environmental technology. Standard Guide for preparation of Biological samples for inorganic chemical Analysis, Vol. 11(1): D 4638-95a.
- Bakhtiarian, A., Gholipour, M. and Ghazi-Khansari, M. (2001). Lead and cadmium content of korbal rice in Northern Iran. Iranian Journal of Public Health, 30(3-4): 129-132.
- Bhattacharya, P., Samal, A.C., Majumdar, J. and Santra, S.C. (2010). Accumulation of arsenic and its distribution in rice plant (*Oryza sativa* L.) in Gangetic West Bengal, India. Paddy and Water Environment, 8(1): 63-70.
- Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q. and Jiang, G. (2008). High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. Chemosphere, 71: 1269-1275.
- Hedayatifar, R., falahi, E. and birjandi, M. (2011). Determination of Cadmium and Lead levels in high consumed rice (Oryza Sativa L.) cultivated in Lorestan province and its comparison with national standards, Quarterly Research Journal of Lorestan University of Medical Sciences, 12(4): 22-15. [in Persian]
- Ikeda, M., Watanabe, T., Moon, C-S., Koizumi, A., Fujita, H. and Nakatsuka, H. (1989). Dietary intake of lead among Japanese farmers. Archives of Environmental Health, 44: 23-7.
- Jarvis, S.C., Jones, L.P.H. and Hopper, M.J. (1976). Cadmium uptake from solutions by plants and its transport from roots to shoots. Plant and Soil, 44: 179-191.
- Lin, H.T., Wong, S.S. and Li, G.C. Heavy metal content of rice and shellfish in Taiwan. Food and Drug Analysis. 2004; 12(2):167-74.
- Lin, H.T., Wong, SS. and Li, G.C. (2004). Heavy metal content of rice and Shellfish in Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis, 12(2): 167-174.
- McLaughlin, M.J., Tiller, K.G. and Singh, B.R. (1999). Cadmium in soils and plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Moon, C.S., Zhang, Z.W., Shimbo, S. and Ikeda, M. (1995). Dietary intake of cadmium and lead among general population in Republic of Korea. Environmental Research, 71: 46-54.
- Pirzadeh1, M., Afyuni, M. and Khoshgoftarmanesh, A. H. (2012). Status of Zinc and Cadmium in Paddy Soils and Rice in Isfahan, Fars and Khuzestan Provinces and their Effect on Food Security, Journal of Science & Technology Agricultural & Natural Resource, Water and Soil Scicene, 16(60) : 93-81. [in Persian]

- Rahman, M.A., Hasegawa, H., Rahman, M.M., Miah, M.A.M. and Tasmin, A. (2008). Arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa* L.): Human exposure through food chain. Ecotoxicology and Environmental Safety, 69: 317-324.
- Rivail, I.F., Koyama, H. and Suzuk, S. (1990). Cadmium content in rice and its intake in various countries. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 44: 910-916.
- Shimbo, S., Watabe, T., Zhang, Z.W. and Ikeda, M. (2001). Cadmium and Lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. Science of the Total Environment, 281: 165-175.
- Shokrzadeh, M., Paran-Davaji, M. and Shaki, F. (2013). Study of the Amount of Pb, Cd and Cr in Imported Indian Rice to Iran and Tarom rice Produced in the Province of Golestan. Journal of Mazandaran University of Medical Science, 23(109): 115-123. [in Persian]
- Shokrzadeh, M., Rokni, M.A. and Galstvan. (2013). Lead, Cadmium, and Chromium Concentrations in Irrigation Supply of/and Tarom Rice in Central Cities of Mazandaran Province-Iran. Journal of Mazandaran University of Medical Science, 23(98): 234-242. [in Persian]
- Watanable, T., Nakatsuka, H. and Ikedam, M. (1989). Cadmium and lead contents in rice available in various areas of Asia. Science of the Total Environment, 80: 175-184.
- Watanable, T., Shimbo, S., Moon, C.S., Zhang, Z.W. and Ikeda, M. (1996). Cadmium Contents in rice samples from various areas in the world. Science of the Total Environment, 184: 191-196.
- WHO (1992). International programme on chemical safety, Environment Health criteria, No. 134. Cadmium, Geneva.
- WHO (2004). Joint FAO/WHO Expert standards programme codex Alimentations commission, Geneva, Switzerland, available in the: http://www.who.int.
- Yap, D.W., Adezrian, J., Khairiah, J., Ismail, B.S. and Ahmad-Mahir, R. (2009). The uptake of heavy metals by paddy plants (*Oryza sativa*) in Kota Marudu, Sabah, Malaysia. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 6(1): 16-19.
- Zazouli, A.Z., Shokrzadeh, M., Izanloo, H. and Fathi, S. (2008). Cadmium content in rice and its daily intake in Ghaemshahr region of Iran. African Journal of Biotechnology, 7(20): 3686-3689.
- Zhong, J., Yu, M., Liu, L., Chen, Y., Hu, R. and Gong, W. (2006). Study on the dietary nutrition intake level in Zhejiang Province. Dis Surveillance, 21(12): 670-672.

Comparison of cadmium concentration and its weekly intake in imported and Iranian rice

Cheraghi, M.

Associate Professor, Department of the Environment, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
*Corresponding author email: cheraghi.mehrdadd@gmail.com
(Received: 2013/10/10 Accepted: 2014/12/17)

Abstract

The aim of this study was to compare the concentration of Cadmium (Cd) and its weekly intake among imported rice and the rice samples cultivated in Isfahan and Borojerd in 2011. For this reason, a total of 30 Indian imported rice samples together with 5 Iranian rice specimens were obtained from Hamedan and Tehran retails. The samples were subjected to acid digestion and afterwards the Cd concentrations were determined using ICP-OES. According to the results the mean ± SD values of Cd concentrations in imported and Iranian rice samples were determined as 107.60 ± 19.54 and 44.760 ± 12.55 µg/kg dry weight, respectively. Moreover, comparison of the mean concentrations of Cd in recent study with FAO/WHO permissible limits revealed that the Cd concentrations were below the approved limit. Data suggested that weekly intake of Cd through the consumption of imported and Iranian rice samples was 2.07 and 0.86 µg/kg body weight, respectively which was below the WHO/FAO limit. Based on the results of this study, both imported and Iranian rice do not pose a Cd-related health problem for the consumers. However, long-term accumulation of Cd in critical tissues could have health consequences.

Key words: Iranian rice, Imported rice, Cadmium, Tolerable weekly intake