

## بررسی و مقایسه مقدار فلز سنگین جیوه (Hg) و جذب هفتگی آن توسط بدن در برخی برنج‌های وارداتی و ایرانی

امیرحسین حمیدیان<sup>۱</sup>، نعمت‌الله خراسانی<sup>۲\*</sup>، حسن پرویزی مساعد<sup>۳</sup>، مهرداد چراغی<sup>۴</sup> و علیرضا محمدی<sup>۵</sup>

۱. مربی، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲. استاد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۳. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، همدان

۴. استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان

۵. مربی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۶/۲۸)

### چکیده

در این تحقیق، مقدار فلز جیوه در برنج‌های وارداتی از کشور هندوستان و برنج‌های کشت‌شده در شهرستان های بروجرد و اصفهان ایران بررسی و مقایسه شده است. برای مطالعه، در مجموع، ۳۰ نوع برنج وارداتی هندی و ۵ نوع برنج ایرانی موجود در بازار ایران در چهار تکرار از هر نوع برنج جمع‌آوری شدند. ابتدا، دانه‌های برنج خام با روش هضم اسیدی هضم شده و سپس برای اندازه‌گیری مقدار فلز جیوه، با دستگاه جذب اتمی آنالیز شدند. برای ارزیابی جذب هفتگی فلز جیوه از طریق برنج، از مصرف روزانه برنج استفاده شده و با جذب هفتگی حمل‌شدنی ناحیه‌ای ارائه‌شده از سوی سازمان بهداشت جهانی مقایسه شده است. نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلز جیوه در برنج‌های وارداتی  $2/16 \pm 0/68 \text{ ng/g}$  و وزن خشک با دامنه بین  $1/12 - 3/96 \text{ ng/g}$  است، در حالی که مقدار متوسط فلز جیوه در برنج‌های ایرانی  $0/4 \pm 0/24 \text{ ng/g}$  و وزن خشک با دامنه بین  $0/03 - 0/89 \text{ ng/g}$  است. بنابراین مقدار فلز جیوه در هر دو نوع برنج وارداتی و ایرانی از حد استاندارد ارائه‌شده از سوی آژانس استاندارد ملی کشور چین کمتر بود. همچنین، متوسط مقدار جذب هفتگی فلز جیوه از برنج‌های وارداتی و ایرانی به ترتیب  $41 \text{ ng/kg}$  با دامنه بین  $38 - 45 \text{ ng/kg}$  وزن بدن در هفته و  $8 \text{ ng/kg}$  با دامنه بین  $5/9 - 9/6 \text{ ng/kg}$  وزن بدن در هفته بود که زیر حد استاندارد ارائه‌شده از سوی سازمان بهداشت جهانی و تقریباً معادل  $0/082$  درصد و  $0/016$  درصد جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای ارائه‌شده از سوی سازمان بهداشت جهانی بود. با انجام دادن آزمون مقایسه میانگین مشخص شد که بین مقدار متوسط فلز جیوه در برنج‌های وارداتی با برنج‌های ایرانی در سطح معنی‌داری ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ) و مقدار متوسط فلز جیوه در برنج‌های وارداتی همواره از برنج‌های ایرانی بیشتر بوده است.

### واژگان کلیدی

ایران، برنج، جذب، فلز جیوه، هندوستان.

## ۱. مقدمه

بیش از ۷۵ کشور در جهان کشت می‌شود، غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان شمرده می‌شود (Armesto *et al.*, 2002) و کربوهیدراتی غنی از مواد غذایی است که دارای مقادیر اندکی چربی، سدیم، گلوتن و کلاسترول است (Tetens *et al.*, 1998; Roy *et al.*, 2008). بیش از دوهزار واریته برنج در سراسر جهان رشد یافته است (Itani *et al.*, 2007; Deepa *et al.*, 2002). برنج، با نام علمی (*Oryza sativa L.*)، گیاهی از خانواده گراس‌هاست و از مهم‌ترین محصولات غلات در جهان شمرده می‌شود که حجم عمده‌ای از رژیم غذایی انسان‌ها را در سراسر آسیا تأمین می‌کند (Aksu *et al.*, 2004). بر اساس مطالعات صورت گرفته، افرادی که از برنج‌های آلوده به مثابه غذای اصلی برای دریافت انرژی روزانه استفاده می‌کنند تحت تأثیر مقادیر عمده‌ای از فلزات سنگین از طریق برنج قرار می‌گیرند (Watanabe *et al.*, 1996) و دلیل آن استفاده از کودهایی در مزارع است که حاوی مقادیر فلزات سنگین است که از هر دو منبع طبیعی و انسان‌ساخت وارد محیط‌زیست می‌شوند (Lin *et al.*, 2004). آژانس استاندارد ملی کشور چین (CNSA)<sup>۱</sup> حداکثر مقدار فلز جیوه در برنج را ۲۰ ng/g پیشنهاد کرده است (Hang *et al.*, 2009). همچنین، سازمان بهداشت جهانی (WHO)<sup>۲</sup> جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای (PTWI)<sup>۳</sup> را برای فلز جیوه ۵۰۰۰ ng/kg وزن بدن در هفته معین کرده است (Lin *et al.*, 2004)؛ از آنجاکه آلوده‌بودن این نوع برنج‌های وارداتی به فلز سنگین سرب از سوی مؤسسه استاندارد تهران تأیید شده است و تاکنون درباره فلز جیوه تحقیقی انجام نشده است و با توجه به نقش و اهمیت فلز جیوه در شالیزارها و احتمال ورود آن به زنجیره غذایی، پژوهشی درباره آن صورت گرفت. بنابراین، در این تحقیق سعی شده است که مقدار فلز سنگین جیوه و جذب هفتگی آن در برنج خام وارداتی از کشور هندوستان به ایران و برنج‌های کشت‌شده در شهرستان بروجرد و اصفهان در غرب و مرکز ایران مقایسه و ارزیابی شوند تا آگاهی افراد مصرف‌کننده از کیفیت این نوع برنج‌ها افزایش یابد.

یکی از پیامدهای افزایش جمعیت انسان توسعه نامنظم در فعالیت‌های انسانی است که دلایل آن ورود منابع عظیم آب‌های آلوده حاوی فلزات سنگین به واسطه ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به مزارع کشاورزی است (Chino, 1991; Dudka *et al.*, 1994). استفاده از این‌گونه آب‌ها در مزارع کشاورزی ممکن است به صدمه‌های بالقوه به سلامت انسان‌ها منجر شود (Abernathy and Lardon, 1984). ورود فلزات سنگین به محیط‌زیست حتی در غلظت‌های پایین ممکن است اثرهای جبران‌ناپذیری بر سلامت انسان‌ها داشته باشد (Lin *et al.*, 2005). این‌گونه فلزات ممکن است از طریق اکوسیستم‌های کشاورزی و محیط‌های آبی وارد زنجیره غذایی شوند و به‌طور غیرمستقیم سلامت انسان‌ها را تهدید کنند (Lin *et al.*, 2004). فلزات سنگین، به‌واسطه سمی بودن و سرطان‌زایی، اثرهای نامطلوبی بر سلامت انسان‌ها دارند؛ بنابراین، در سال‌های اخیر توجه زیادی به آنها، به‌مثابه آلاینده، شده است (MacCarthy *et al.*, 1995). براساس مطالعات صورت گرفته، مشخص شده است که تجمع روزانه فلزات سنگینی نظیر کادمیوم، کروم و آرسنیک در بدن به مشکلات جدی در سلامت انسان‌ها منجر می‌شود (Oliver, 1997). جیوه یکی از فلزات سمی است که به‌واسطه افزایش نفوذپذیری غشایی و تولید پروتئین عصبی بیشترین تأثیر را در سیستم اعصاب مرکزی دارد (Chang, 1977). ورود فلز جیوه به محیط‌زیست به نگرانی‌های عمده‌ای در سلامت انسان‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی منجر شده است. فشار اکسیداتیو بر بدن یکی از سازوکارهایی است که فلز جیوه به‌واسطه آن اثر خود را اعمال می‌کند و به مشکلات عصبی منجر می‌شود (Stoys & Bagchi, 1995). تجمع، سمی بودن و اثرهای جیوه در مقاله‌های علمی بارها به ثبت رسیده و مرور شده است. اثرهای نامطلوب بر تولیدمثل، سیستم ایمنی، سیستم اعصاب مرکزی (Pamphlett & Kum, 2001; Karimi *et al.*, 2002) کبد (Wagemann *et al.*, 2000) و کلیه (Zalups, 1998) از معمولی‌ترین اثرهای ناشی از سمی بودن فلز جیوه در بیشتر گروه‌های حیوانات است. برنج، که در

1. The Chinese National Standard Agency  
2. World Health Organization  
3. Provisional Tolerable Weekly Intake

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. جمع‌آوری نمونه‌ها

نمونه‌های برنج به‌طور تصادفی از بازار خرده‌فروشی شهرهای تهران و همدان در چهار تکرار جمع‌آوری شد. در مجموع، ۳۵ نوع برنج جمع‌آوری شد که ۳۰ نوع آن وارداتی از کشور هند با نام‌های مارک‌های سبز بهاره، اعیان، مژده، محبوب، سرآشپز، کامنوش، محسن، شیرخوان فرهاد جان، سلام، کریستال، کیمیا، شاز، شاهی، آرمان، مه‌کلاسیک، رونق، مهاجری طلائی، خاطر، نخل طلائی، آریا، حشمت، طوبی طلائی، مجتبی، پاندا، کیهان، جادوگر، ممتاز، سارال، آفرین و کمال‌ملکی بودند و چهار نوع آن کشت‌شده در شهرستان بروجرد با نام‌های محلی طارم، دم‌سیاه، عطری و هاشمی و یک نوع آن کشت‌شده در شهرستان اصفهان با نام محلی برنج لنجان بود.

### ۲.۲. آماده‌کردن و آنالیز نمونه‌ها

برای تعیین غلظت فلز جیوه در برنج خام، مقداری از نمونه‌های برنج جمع‌آوری‌شده برای ازبین‌بردن آلاینده‌های احتمالی به‌خوبی با آب دوبار تقطیر شسته شدند. در نهایت، نمونه‌ها در دستگاه آنون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و داخل ظروف پلی‌اتیلنی در دمای اتاق نگهداری شدند (Bhattacharya *et al.*, 2010). مقدار ۲ گرم از نمونه‌ها وزن شد، سپس نمونه‌ها توسط مخلوطی از اسیدنیتریک-پرکلریک با روش ASTM هضم شدند (ASTM, 2000). به هر نمونه برنج میزان ۲۰ میلی‌لیتر مخلوطی از اسیدنیتریک-پرکلریک (۷۰ درصد) به نسبت (۳+۱) همراه با ۲/۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک به‌ازای هر گرم از نمونه برنج اضافه شد. سپس مخلوط حاصله به مدت ۳۰ دقیقه شیکر شد تا به‌خوبی مخلوط شود. در نهایت، به‌منظور هضم کامل نمونه‌ها به‌تدریج به مخلوط حاصله حرارت داده شد تا به جوش آید. عمل گرمادادن تا زمانی ادامه پیدا کرد که نمونه‌ها تبخیر شدند و از آنها بخار پرکلریک خارج شد. گرمادادن زمانی به پایان رسید که کمتر از ۳ میلی‌لیتر از عصاره شفاف باقی ماند. سپس نمونه‌ها با کاغذ صافی

واتمن با اندازه ۴۱ میکرومتر در بالن‌های ۲۵ میلی‌لیتری صاف شدند و با آب دی‌یونیزه به حجم رسانده شدند و در بطری‌های پلی‌اتیلنی ذخیره شدند. در نهایت، مقدار کل فلز جیوه با دستگاه جذب اتمی مدل Varian Spectr AA-30 آنالیز شد. غلظت‌ها برحسب ng/g وزن خشک محاسبه شدند. بایستی دقت شود که پیش از هضم نمونه‌ها، همه ظروف به‌خوبی با اسید نیتریک ۲ درصد و آب دی‌یونیزه شسته و خشک شوند (Rahman *et al.*, 2008). آنالیز آماری داده‌ها در نهایت با نرم‌افزار SPSS ۱۶ انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. علاوه بر این، به‌منظور مقایسه میانگین داده‌ها با حد استاندارد آن، از آزمون One-sample t-test و همچنین، به‌منظور مقایسه میانگین هر دو نوع برنج‌های ایرانی و وارداتی، از آزمون t مستقل در برنامه آماری SPSS استفاده شد.

### ۳.۲. محاسبه جذب هفتگی فلز جیوه

جذب روزانه و هفتگی فلز جیوه از برنج از طریق حاصل ضرب مقدار فلز جیوه در برنج در مقدار مصرف روزانه و هفتگی برنج محاسبه شد (Rivail *et al.*, 1979; Nogawa & Ishizaki, 1990). فرمول شماره ۱ این رابطه را نشان می‌دهد.

$$EDI = \frac{C * Cons}{BW} \quad (\text{رابطه ۱})$$

فرمول شماره ۱ پارامتر EDI برابر با جذب روزانه فلز جیوه، پارامتر C برابر با غلظت فلز جیوه در برنج مصرف‌شده برحسب ng/kg پارامتر Cons برابر با متوسط مصرف روزانه برنج در ناحیه برحسب g/day و در نهایت پارامتر BW متوسط وزن بدن برحسب کیلوگرم است (Zhong *et al.*, 2006) که در صورت ضرب مقدار EDI برآوردشده برای فلز جیوه در هفت روز هفته می‌توان مقدار جذب هفتگی این فلز را از مصرف برنج تعیین کرد. سپس، بعد از اندازه‌گیری مقدار جذب روزانه و هفتگی جیوه از برنج، به مقایسه آن با مقدار پیشنهادشده سازمان بهداشت جهانی برای ارزیابی خطرهای بالقوه سلامت از سوی مصرف‌کننده پرداخته شد (Lin *et al.*, 2005).

## ۳. نتایج

نتایج مقادیر جذب هفتگی محاسبه شده برای فلز جیوه در برنج‌های ایرانی و وارداتی در جدول ۱ ارائه شده است. جذب هفتگی فلز جیوه از برنج، بر پایه متوسط مقدار فلز جیوه در برنج و جذب هفتگی مصرف برنج، محاسبه شده بود (Rivai *et al.*, 1990). طبق مقاله‌های منتشر شده، مصرف روزانه برنج در کشورهای آسیایی بین ۱۵۸-۱۷۸ گرم بر شخص در روز و متوسط مقدار آن ۱۶۵ گرم بر شخص در روز و متوسط وزن بدن ۶۰ کیلوگرم بر شخص قرار دارد (Nogawa & Ishizaki, 1979; Shimboi *et* )

(*al.*, 2001). سازمان بهداشت جهانی جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای را برای فلز جیوه  $5000 \text{ ng/kg}$  وزن بدن در هفته قرار داده است (جدول ۲) (WHO, 1987). مقدار متوسط جذب هفتگی فلز جیوه در برنج‌های وارداتی  $41 \text{ ng/kg}$  با دامنه بین  $38-45 \text{ ng/kg}$  و در برنج‌های ایرانی  $8 \text{ ng/kg}$  با دامنه بین  $5/9-9/6 \text{ ng/kg}$  بود که از حد استاندارد ارائه شده سازمان بهداشت جهانی کمتر بودند (جدول ۱). این مقادیر، به ترتیب، برای برنج‌های وارداتی و ایرانی، معادل  $0/082$  درصد و  $0/016$  درصد جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای ارائه شده از سوی سازمان بهداشت جهانی بودند.

جدول ۱. جذب هفتگی فلز جیوه در برنج‌های وارداتی و برنج‌های ایرانی

نوع برند برنج	کشور منشأ	جذب هفتگی فلز جیوه (ng) در هفته برای متوسط وزن ۶۰ کیلوگرم برای افراد بالغ) از طریق برنج		
		حداقل	متوسط	حداکثر
وارداتی	هند	۲۲۸۰	۲۴۹۰	۴۱
ایرانی	ایران	۳۵۰	۴۸۰	۸

جدول ۲. متوسط مصرف برنج و جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای فلز جیوه (Zazoli *et al.*, 2008)

موضوع	حداقل	حداکثر	متوسط
مصرف روزانه برنج (g/day)	۱۵۸	۱۷۸	۱۶۵
جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای جیوه (ng) در هفته برای متوسط وزن ۶۰ کیلوگرم برای افراد بالغ)	-	-	۳۰۰۰۰۰
جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای جیوه (ng/kg) وزن بدن در هفته)	-	-	*۵۰۰۰

\* WHO, 1987

$0/03-0/89$  وزن خشک قرار داشت. متوسط مقدار فلز جیوه در برنج‌های وارداتی و برنج‌های ایرانی از حد استاندارد تعیین شده آژانس استاندارد ملی کشور چین ( $20 \text{ ng/g}$ ) کمتر بود. آنالیز آماری t مستقل نشان داد که بین میانگین غلظت فلز جیوه در برنج‌های ایرانی و برنج‌های وارداتی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). شکل ۱ میزان این تفاوت را نشان می‌دهد.

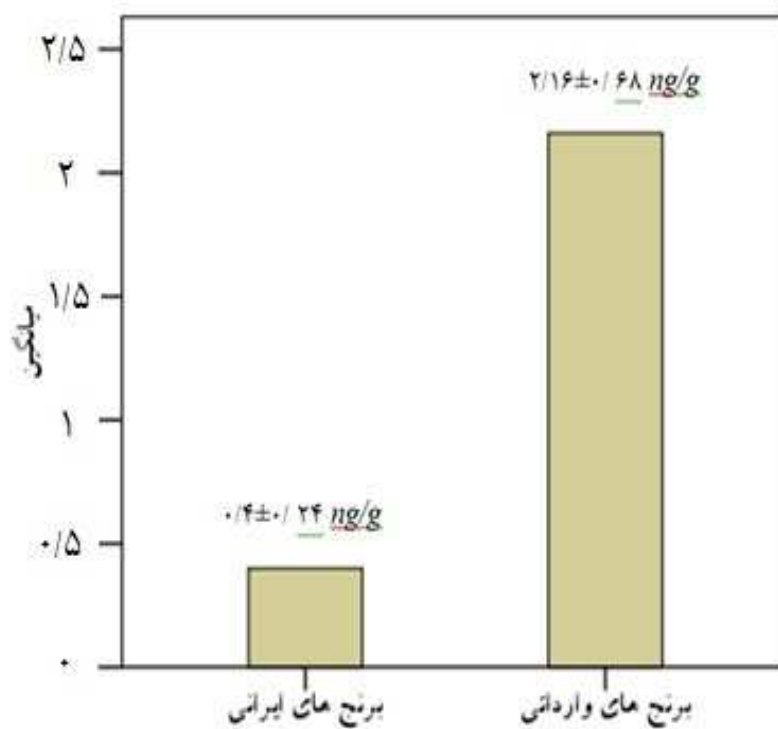
نتایج آماره‌های توصیفی فلز جیوه اندازه‌گیری شده در برنج‌های وارداتی و ایرانی در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. متوسط مقدار فلز جیوه در ۳۰ نوع از برنج‌های وارداتی  $2/16 \pm 0/68 \text{ ng/g}$  وزن خشک با دامنه بین  $1/12-3/96 \text{ ng/g}$  وزن خشک بود، در حالی که در ۵ نوع از برنج‌های ایرانی مقدار متوسط فلز جیوه  $0/24 \pm 0/4 \text{ ng/g}$  وزن خشک با دامنه بین  $0/24-0/4 \text{ ng/g}$

جدول ۳. آماره‌های توصیفی فلز جیوه در انواع برندهای برنج وارداتی

میانگین (ng/g وزن بدن)	حداکثر	حداقل	تعداد نمونه‌ها	نوع برند برنج
۱/۶۵±۰/۲۲	۱/۸۹	۱/۳۷	۴	شیرخوان فرهاد جان
۲/۰۶±۰/۰۲	۲/۰۹	۲/۰۳	۴	کریستال
۱/۸۱±۰/۱۳	۱/۹۸	۱/۶۶	۴	کیمیا
۳/۵۲±۰/۱۱	۳/۶۸	۳/۴۲	۴	آریا
۱/۳۹±۰/۰۱	۱/۴۹	۱/۲۶	۴	مهاجری طلایی
۲/۵۴±۰/۱۷	۲/۷۵	۲/۳۶	۴	طوبی طلایی
۲/۴۷±۰/۳۴	۲/۹۸	۲/۲۲	۴	ممتاز
۱/۹۳±۰/۱۱	۲/۰۴	۱/۷۸	۴	محسن
۱/۵۹±۰/۱۸	۱/۷۸	۱/۳۴	۴	جادوگر
۳/۳۸±۰/۲۳	۳/۶۸	۳/۱۵	۴	مژده
۲/۵۶±۰/۱۹	۲/۸۴	۲/۳۹	۴	رونق
۱/۲۹±۰/۱۹	۱/۵۸	۱/۱۲	۴	پاندا
۲/۳۱±۰/۱۷	۲/۵۶	۲/۱۴	۴	کامنوش
۱/۵۱±۰/۱۴	۱/۶۸	۱/۳۷	۴	مجتبی
۳/۲۷±۰/۱۹	۳/۵۶	۳/۱۴	۴	نخل طلایی
۲/۴۳±۰/۲۲	۲/۶۷	۲/۱۳	۴	آرمان
۱/۴۶±۰/۱۶۴	۱/۶۴	۱/۳۱	۴	مه کلاسیک
۱/۹۵±۰/۰۴	۲/۰۱	۱/۸۹	۴	سلام
۲/۴۰±۰/۰۲	۲/۶۴	۲/۱۵	۴	اعیان
۱/۵۴±۰/۱۱	۱/۶۴	۱/۳۷	۴	کیهان
۲/۴۱±۰/۰۴	۲/۴۸	۲/۳۸	۴	خاطره
۱/۵۹±۰/۰۲	۱/۸۶	۱/۳۷	۴	محبوب
۱/۶۰±۰/۰۹	۱/۶۸	۱/۴۸	۴	سارال
۲/۴۸±۰/۱۸	۲/۶۵	۲/۲۳	۴	آفرین
۱/۵۷±۰/۰۷	۱/۶۷	۱/۴۸	۴	حشمت
۱/۵۴±۰/۱۹	۱/۷۵	۱/۳۷	۴	سبزه‌بهاره
۲/۶۲±۰/۲۵	۲/۹۵	۲/۳۸	۴	کمال ملکی
۳/۵۷±۰/۳۲	۳/۹۶	۳/۱۸	۴	شاز
۱/۶۰±۰/۰۹	۱/۶۸	۱/۴۸	۴	شاهی
۲/۷۶±۰/۲۶	۳	۲/۴۸	۴	سر آشپز
۲/۱۶±۰/۶۸	۳/۹۶	۱/۱۲	۱۲۰	کل

جدول ۴. آماره‌های توصیفی فلز جیوه در برنج‌های ایرانی

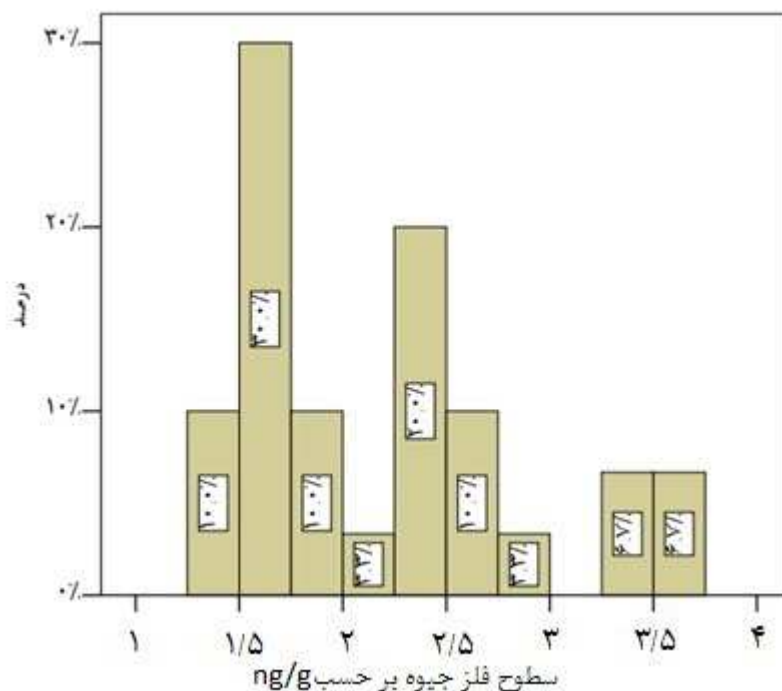
نوع برند برنج	تعداد نمونه ها	حداقل	حداکثر	میانگین (ng/g وزن بدن)
لنجان	۴	۰/۶۸	۰/۸۹	۰/۸±۰/۰۹
عطری	۴	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۳±۰/۰۷
هاشمی	۴	۰/۰۳	۰/۲	۰/۰۹±۰/۰۷
دم سیاه	۴	۰/۳۵	۰/۵۷	۰/۴۴±۰/۰۹
طارم	۴	۰/۲۶	۰/۴۶	۰/۳۷±۰/۰۸
کل	۲۰	۰/۰۳	۰/۸۹	۰/۴±۰/۲۴



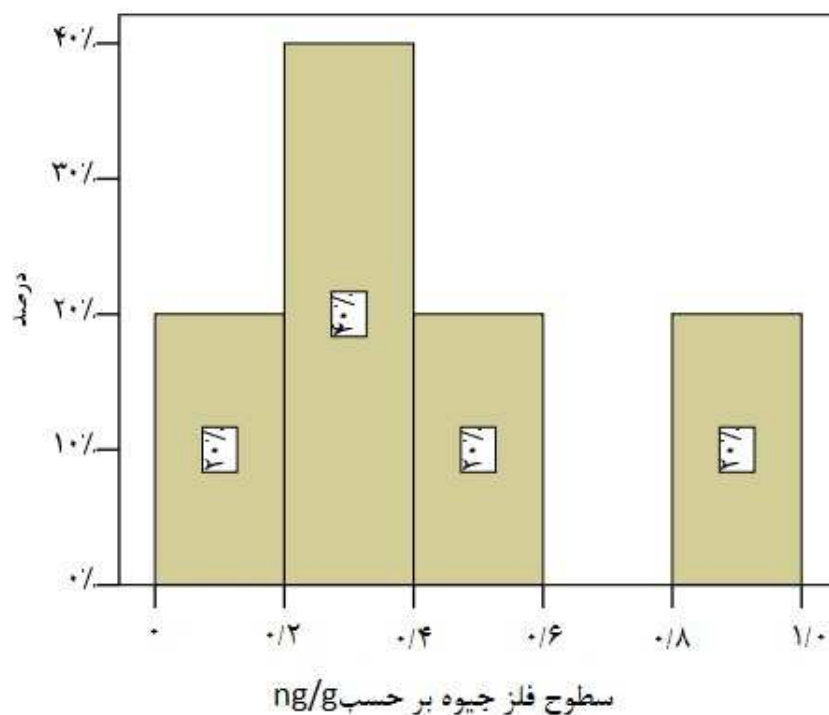
شکل ۱. مقایسه میانگین غلظت فلز جیوه در برنج‌های ایرانی و وارداتی بر حسب ng/g.

توزیع فلز جیوه را در برنج‌های ایرانی نشان می‌دهد، همان‌طور که از نمودار مشخص است، مقدار فلز جیوه تقریباً در ۲۰ درصد نمونه‌ها کمتر از ۰/۲ ng/g، در ۶۰ درصد نمونه‌ها بین ۰/۲-۰/۶ ng/g و در ۲۰ درصد نمونه‌ها بیشتر از ۰/۶ ng/g بود.

شکل ۲ توزیع سطح فلز جیوه را در برنج‌های وارداتی نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است، مقدار جیوه در ۱۰ درصد نمونه‌های برنج وارداتی کمتر از ۰/۱۵ ng/g، در ۷۶/۶ درصد نمونه‌ها بین ۱/۵-۳ ng/g و تقریباً در ۱۳/۴ درصد نمونه‌ها بیشتر از ۳ ng/g بود. شکل ۳



شکل ۲. توزیع سطوح فلز جیوه در برنج‌های وارداتی.



شکل ۳. توزیع سطوح فلز جیوه در برنج‌های ایرانی.

کشور هند  $2/16 \pm 0/68$  ng/g و در برنج‌های ایرانی  $0/4 \pm 0/24$  ng/g است. مشخص شد که متوسط غلظت فلز جیوه در هر دو نوع برنج‌های وارداتی و ایرانی از حد استاندارد تعیین‌شده آژانس استاندارد ملی کشور چین (20 ng/g) کمتر است. با مقایسه

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

از مطالعه حاضر می‌توان این نتیجه را گرفت که میانگین غلظت فلز جیوه در برنج‌های وارداتی از

ناحیه‌ای تعیین شده از سوی سازمان بهداشت جهانی بودند که معادل ۰/۰۸۲ درصد و ۰/۰۱۶ درصد جذب هفتگی تحمل‌شدنی ناحیه‌ای است. با مقایسه مقادیر محاسبه شده برای کشورهای دیگر، مشخص شد که جذب هفتگی فلز جیوه در نمونه‌های برنج کشت شده در کشور چین  $700 \mu\text{g}/\text{kg}$  وزن بدن است که از مقادیر به دست آمده در این مطالعه بیشتر بود. همچنین مشخص شد که جذب هفتگی فلز جیوه در نمونه‌های برنج کشت شده در کشور تایوان  $0/02 \mu\text{g}/\text{kg}$  وزن بدن است که از مقادیر به دست آمده در برنج‌های وارداتی کمتر و از مقادیر به دست آمده در برنج‌های ایرانی در این مطالعه بیشتر بود. بنابراین، در انتها می‌توان نتیجه گرفت که مصرف برنج‌های ایرانی و وارداتی، از نظر فلز جیوه، برای مردم ایران هیچ‌گونه مشکل سلامت ایجاد نخواهد کرد

مقادیر محاسبه شده برای کشورهای دیگر، مشخص شد که متوسط غلظت فلز جیوه در نمونه‌های برنج کشت شده در کشور چین  $22 \text{ ng}/\text{g}$  (Fu, 2008) است که از مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر بیشتر بود و مقدار فلز جیوه در برنج‌های کشت شده در کشور تایوان  $0/001 \pm 0/005 \text{ ng}/\text{g}$  (Lin et al., 2004) به دست آمد که از مقادیر به دست آمده در این مطالعه کمتر بود. با مقایسه میانگین غلظت فلز جیوه در برنج‌های وارداتی با برنج‌های ایرانی، مشخص شد که در سطح معنی داری ۵ درصد اختلاف معنی داری ( $P < 0.05$ ) بین برنج‌های وارداتی با برنج‌های ایرانی وجود دارد و میانگین غلظت فلز جیوه در برنج‌های وارداتی از برنج‌های ایرانی با اختلاف  $1/61 \text{ ng}/\text{g}$  بیشتر است. در این مطالعه جذب هفتگی فلز جیوه از مصرف برنج‌های وارداتی و ایرانی به ترتیب  $0/041 \mu\text{g}/\text{kg}$  و  $0/008 \mu\text{g}/\text{kg}$  در هفته است. مقادیر به دست آمده زیر حداکثر جذب هفتگی تحمل‌شدنی

## References

1. Abernathy, A.R., Larson, G.L (1984) "Heavy metal in the superficial sediments of Fontana take," *North Carolina Water Res*, 18: 351-4.
2. Armesto, L., Bahillo, A., Veijonen, K., Cabanillas, A., Otero, J (2020) "Combustion behaviour of rice husk in a bubbling fluidised bed," *Biomass Bioenergy*, 23: 171-179.
3. 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.
4. Bhattacharya, p., Samal, A.C., Majumdar, J., Santra, S.C (2010) "Accumulation of arsenic and its distribution in rice plant (*Oryza sativa* L.) in Gangetic West Bengal, India ," *Paddy Water Environ*, 8(1): 63-70.
5. Chang, L.W (1977) "Neurotoxic effects of mercury," *Environmental Research*, 14: 329-373.
6. Chino M (1991) "The amount of heavy metal derived from domestic sources in Japan," *Water Air Soil Pollut*, 57: 829-36.
7. Deepa, G., Singh, V., Naidn, K.A 2007. Nutrient composition and physicochemical properties of Indian medicinal rice-njavara. *Food Chem* 106, 165-171.
8. Dudka, S., Piotrowska, M., Chlopecka, 1994. Effect of elevated concentration of Cd and Zn in soil on spring wheat yield and metal contents of the plants. *J Plant Nutr* 76(3-4), 333-41.
9. Fu, J., Zhou, Q., Lin, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q., 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.
10. Hang, X., Wang, H., Zhou, J., Ma, C., Du, C., Chen, X (2009) "Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta," *Environmental Pollution*, 157: 2542-2549.
11. Itani, T., M. Tamaki, E. Arai and T. Horino (2002) "Distribution of amylose, nitrogen and minerals in rice kernel with various characters," *J. Agric. Food Chem*, 50: 5326-5332.
12. Karimi, A., Moniri, F., Nasihatkon, A., Zarepoor, M. J., Alborzi, A (2002) "Mercury Exposure Among Residents of a Building Block in Shiraz, Iran," *Environmental Research*, 88(1): 41-43.



13. Lin, HT., Wongm SS., Lim GC (2004) "Heavy metal content of rice and shellfish in Taiwan," *Journal of Food and Drug Analysis*, 12: 167-74.
14. Lin, X., Burns, R, Lawrance G (2005) "Heavy metals of wastewater: the effect of electrolyte composition on the precipitation of cadmium (II) using lime and magnesia," *Water Air and Soil Pollution*, 165: 131-52.
15. MacCarthy, P., Klusman, R.W., Cowling, S.W., Rice ,J.A (1995) "Water analysis, Anal," *Chem*, 67: 525-582.
16. Nogawa, K., Ishizaki, A (1979) "A comparison between cadmium in rice and renal effects among inhabitants of jinzu river Basin. Environ," *Res* 18: 410-420.
17. Oliver, M.A (1997) "Soil and human health: a review," *Eur. J. Soil Sci*, 48: 573-592.
18. -Pamphlett, R. Kum J (2001) "Stephen. Mercury vapor uptake into the nervous system of developing mice," *Neurotoxicology and Teratology*, 23(2): 191-196.
19. Rahman, MA., Hasegawa, H., Rahman, MM., Miah, MAM., Tasmin, A (2008) "Arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa* L.): Human exposure through food chain," *Ecotoxicol Environ Saf*, 69: 317-324.
20. Rivai, IF., Koyama, H., Suzuk, S (1990) "Cadmium content in rice and its intake in various countries. Bull Environ Contam," *Toxicol*, 44: 910-916.
21. Roy, P., Ijiri, T., Okadome, H., Nei, D., Orikasa, T., Nakamura, N., Shiina, T (2008) "Effect of processing conditions on overall energy consumption and quality of rice," *J. Food Eng*, 89: 343-348.
22. Shimbo, S., Watabe, T., Zhang, Z.W., Ikeda, M (2001) "Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in japan in 1998- 2000 .Sci," *Total Environ*, 281: 165-175 .
23. Aksu, S.K., Celik, G., Gucer, S (2004) "Investigation of Trace Element Contents of Rice By ETAAS and ICP-MS, Adnan Menderes University," *4th AACD Congress, 29 Sept-3, Kuşadası- AYDIN, TURKEY Proceedings Book* 284.
24. Stohs, S J., Bagchi, D (1995) "Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions," *Free Radical Biology and Medicine*, 18(2): 321-336.
25. Tetens, I., Thilsted, S.H., Choudhury, N.H., Hassan, N (1998) "The rice-based diet in Bangladesh in the context of food and nutrition security," *Scandinavian Journal of Nutrition*, 42: 77-80.
26. Wagemann, R., Trebacz, E., Boila, G., Lockhart, W.L (2000) "Mercury species in the liver of ringed seals," *The Science of the Total Environment*, 261(1-3): 21-32.
27. Watanable, T., Shimbo, S., Moon ,C.S ., Zhang, Z.M., Ikeda, M (1996) "Cadmium contents in rice samples from various areas in the world," *Sci.Total Environ*, 184: 191-196.
28. WHO (1987) "Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food," *Environmental health criteria*, No. 70, WHO, Geneva, Switzerland.
29. Zalups, R.K (1998) "Basolateral uptake of inorganic mercury in the kidney," *Toxicology and Applied Pharmacology*, 151(1): 192-199.
30. Zazoli, A.Z., Shokrzadeh, M., Izanloo, H., Fathi, S (2008) "Cadmium content in rice and its daily intake in Ghaemshahr region of Iran," *African Journal of Biotechnology*, 7 (20): 3686-3689.
31. Zhong, J., Yu, M., Liu, L., Chen, Y., Hu, R., Gong, W (2006) "Study on the dietary nutrition intake level in Zhejiang Province," *Dis. Surveillance*, 21(12): 670-672.