

مقایسه میزان عناصر سنگین و جذب هفتگی آن در برنج مصرفی تولید شده در مناطق مختلف استان گیلان

ندا وهاجی^۱، * ماندانا طایفه^۲، سید مصطفی صادقی^۳

چکیده

مقدمه: آلودگی برنج به فلزات سنگین و ورود آن به زنجیره غذایی می‌تواند صدمات جبران ناپذیری بر سلامت مردم و محیط زیست داشته باشد. هدف از این مطالعه مقایسه میزان عناصر سنگین و جذب هفتگی آن در برنج مصرفی تولید شده در مناطق مختلف استان گیلان بود.

روش بررسی: نمونه‌های برنج هاشمی تولیدی در شالیزارهای ۹ منطقه استان گیلان انتخاب شدند. جهت تعیین میزان آلودگی برنج به فلزات سنگین با استفاده از دستگاه طیف سنجی جرمی پلاسمای القایی (ICP-MS) استفاده شد. تجزیه واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ برای ۹ منطقه به همراه گروه کنترل (۱۰ تیمار) در سه تکرار برای عناصر کادمیوم، سرب، نیکل و کروم انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار بین مناطق مورد بررسی از نظر میزان غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده و همچنین اختلاف معنی‌دار با کنترل بود. سرب در تمامی مناطق از حد مجاز (۲/۰ ppm) بیشتر بود. فلز کروم به جز در مناطق رودسر، کوده و کومله در بقیه مناطق از حد مجاز (۱ ppm) بیشتر بود. فلز نیکل در دو منطقه رشت و شاندرمن از حد مجاز (۶/۰ ppm) بیشتر بود. فلز کادمیوم در تمامی مناطق از حد مجاز (۱/۰ ppm) کمتر بود. مقادیر اندازه‌گیری شده همه فلزات سنگین مورد مطالعه در حد مجاز دریافت هفتگی قابل تحمل (PTWI) برای انسان بر اساس استاندارد FAO/WHO بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری: اگرچه میزان دریافت هفتگی قابل تحمل فلزات سنگین مورد ارزیابی برای انسان از طریق مصرف برنج در تحقیق حاضر از حد مجاز بالاتر نیست، اما مصرف سایر مواد غذایی آلوده به عناصر سنگین به همراه برنج می‌تواند قابل ملاحظه و اثرات جبران ناپذیری داشته باشد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، برنج، آلودگی غذایی، کادمیوم، سرب، کروم، نیکل

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

۲. مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده کشاورزی، لاهیجان، ایران

*مؤلف مسئول (m.tayefe@liau.ac.ir)

۳. دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات

مقدمه

از مهمترین گونه گیاهان علفی مهم در قاره آسیا برنج است، که نام علمی آن *Oryza Sativa. L* بوده و پس از گندم دومین غله مهم در دنیا به حساب می‌آید. دانه برنج و فرآورده‌های به دست آمده از آن تقریباً ۴۰٪ غذای مورد نیاز ۵۰٪ مردم را تشکیل می‌دهد.

به طور کلی در هر صد گرم برنج ترکیباتی نظیر ۵۷۹-۷۶/۵ گرم کربوهیدرات، ۱/۵-۰/۰۸ گرم چربی، ۷-۷/۶ گرم آلبومین و ۰/۹ گرم مواد معدنی وجود دارد [۱]. هر ساله بیش از یک سوم افراد کشورهای توسعه یافته به بیماری‌های ناشی از مواد غذایی گرفتار می‌شوند که در این میان میزان مرگ و میر ناشی از بیماری‌های منتج از آلاینده‌های مواد غذایی نیز قابل توجه است. در سال‌های اخیر، توجه عموم مردم و ارگان‌های نظارتی در بخش غذا به خصوص سازمان تجارت جهانی به صورت جدی به ایمنی غذا و تضمین کیفیت آن معطوف گشته است. از اولین گام‌های مورد نیاز در تحقق این امر داشتن آگاهی از وضعیت آلاینده‌های موجود در اقلام غذایی است، تا براساس آن بتوان به تدوین استانداردهای ملی و دستورالعمل‌های مربوط به تولید غذای سالم، همت گماشت. با این نگرش، بررسی سطوح آلاینده‌های برنج که یکی از اجزاء اصلی سبد جمعیت جهان است، مورد توجه قرار می‌گیرد. برنج اگر چه از نظر سطح زیرکشت پس از گندم قرار دارد، ولی ۸۵٪ از کل تولید آن به مصرف تغذیه انسان مربوط است [۲]. تجمع فلزات در گیاهان به طور اساسی تحت تأثیر چندین فاکتور مهم قرار دارد. غلظت فلز، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و واریته گیاه از آن جمله‌اند. به طور کلی اندازه‌گیری مقدار فلز در دانه‌ها، نه تنها تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و غلظت فلز در آن قرار دارد، بلکه اندازه ذرات، قدرت حرکت و نفوذ آنها و میزان فلزات در محیط، فاکتورهای مهم در میزان آلودگی گیاه برنج محسوب می‌گردند، که البته در نزدیکی بزرگراه‌ها افزایش می‌یابد [۳]. عواملی نظیر فرآیندهای طبیعی، ریزش‌های جوی، استفاده از کودهای شیمیایی، کمپوست، لجن

فاضلاب، آفت کش‌ها می‌توانند در غلظت فلزات سنگین محصولات کشاورزی نقش داشته باشند [۴]. شواهد واضحی وجود دارد که بیان می‌کند، گونه‌های گیاهان در توانایی جذب، تجمع و تحمل فلزات سنگین تفاوت‌های زیادی را با یکدیگر ایجاد می‌کنند. ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی و رسیدن به غلظت‌های بحرانی، اثرات سوء متابولیکی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده بر جا می‌گذارد [۵]. جذب فلزات سنگین به وسیله برنج عمدتاً به عواملی نظیر نوع برنج، شکل حل شدنی، pH خاک، مواد آلی، ظرفیت تبادل یونی، پتانسیل اکسایش - کاهش، مقدار مواد معدنی و اکسیدهای آهن یا منگنز موجود در خاک بستگی دارد. در مطالعات متعددی بیان شده است که pH کم و مقدار بالای مواد آلی در خاک، زیست فراهمی، حلالیت و حرکت فلزات سنگین را افزایش می‌دهد [۶]. لذا جذب فلزی گیاهان در خاک‌های اسیدی از خاک‌های آهکی بیشتر مشاهده می‌شود [۷]. هر گونه کاهش در pH خاک در مزارع شالیزاری می‌تواند در دسترس قرارگیری فلزات و جذب فلزات را توسط گیاه افزایش دهد و سبب خطرات جبران ناپذیری بر سلامت مصرف کنندگان گردد [۸]. از آنجایی که خاک اکثر مناطق مورد کشت برنج در استان گیلان اسیدی است، لذا می‌تواند مستعد جذب بیشتر فلزات سنگین باشد [۹]. از مهمترین فلزات سنگین می‌توان به کادمیوم اشاره کرد. کودهای فسفاته، لجن فاضلاب‌ها و محل‌های دفن زباله از عوامل آلودگی‌های کادمیوم در خاک هستند، این فلز برای گیاه سمی نیست، بلکه با تجمع در گیاهان سبب ایجاد خطر در زنجیره‌های غذایی می‌شود [۱۰]. از عوارض جبران ناپذیر آن در صورت مصرف بیش از حد مجاز، می‌توان به اسهال، شکستگی استخوان، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، آسیب به سیستم ایمنی، ناهنجاری‌های روانی، سرطان و عقیم شدن اشاره نمود [۱۱]. استاندارد ملی ایران محدوده استاندارد کادمیوم را حداکثر (۰/۱ ppm) اعلام کرده است [۱۲]. سرب، دیگر فلز مهم در آلودگی است که در محیط زیست وجود دارد، ولی اکثراً در فعالیت‌های بشری نظیر تولید سوخت‌های فسیلی (گازوئیل، بنزین) تشدید می‌شود. اثرات

روش بررسی

برای انجام این پژوهش از رقم هاشمی که یک رقم محلی و تقریباً ۸۰٪ کشت شالیزارهای استان را به خود اختصاص داده است، استفاده گردید. از شالیزارهای ۹ منطقه شامل مرکز، شرق و غرب استان گیلان (اسالم، ماسال، کوده، شاندرمن، اباتر، طاهرگوراب، رشت، مریدان، کومله و رودسر) بذر تهیه و پس از سفید کردن برای اندازه‌گیری فلزات سنگین به آزمایشگاه انتقال داده شد. بعد از آماده سازی نمونه و هضم، به منظور اندازه‌گیری فلزات سنگین از روش طیف سنجی جرمی پلاسمای جفتی القایی (ICP-MS) استفاده گردید [۱۴]. به منظور رفع آلودگی احتمالی، کلیه ظروف آزمایشگاهی با اسید شست و شو و با آب دیونیزه آبکشی و در آن خشک گردیدند. به منظور آماده‌سازی بذره‌های مورد آزمون، ابتدا بذور با آب مقطر شسته شده سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آن به منظور خشک کردن قرار گرفتند. نمونه‌های خشک شده به وسیله آسیاب پودر شدند. ۱ گرم از نمونه خشک شده به بالن هضم انتقال داده شد و به هر نمونه ۲۰ سی سی اسیدنیتریک و اسید پرکلریک ۷۰٪ به نسبت ۱ به ۳ به ازای هر گرم نمونه برنج اضافه گردید. سپس حرارت‌دهی محلول‌ها به مدت ۴۵ دقیقه بر روی هیتر انجام گرفت و در نهایت نمونه‌های حرارت دیده، هضم شده، با آب مقطر به حجم ۲۵ سی سی رسانده شده و با صافی رفع کدورت و شفاف سازی گردید. برای تعیین مقدار عناصر از روش طیف سنجی جرمی پلاسمای جفتی القایی مدل ARCOS FHE 12 استفاده شد، با توجه به اطلاعات ثبت شده از میزان مصرف روزانه برنج در ایران از منابع مختلف، تعیین میزان دریافت روزانه عناصر جزئی از برنج امکان‌پذیر است. بنابراین میزان جذب آلاینده‌های فلزی در مواد غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز با استفاده از رابطه

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

مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۵، ۱۶]. در این رابطه EDI مقدار جذب روزانه آلاینده، C غلظت فلز سنگین در برنج

نامطلوب این فلز بر روی سلامتی به مراتب نسبت به بقیه فلزات گسترده‌تر است. اختلال بیوستنز هموگلوبین و کم خونی، افزایش فشارخون، سقط جنین و نارسای نوزاد، کاهش قدرت یادگیری، اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی بر افزایش غلظت سرب در بدن است [۱۳]. استاندارد ملی ایران محدوده استاندارد سرب را حداکثر (۰/۲ ppm) اعلام کرده است. کروم در حالت تجاری با حرارت دادن سنگ معدن کرومیت در حضور آلومینیوم یا سلیکون تهیه می‌شود. اسید کرومیک دارای ساختار H_2CrO_4 است که در طبیعت یافت نمی‌شود، اما آنیون‌های آن در ترکیبات متنوع یافت می‌شود. به طور طبیعی کروم متشکل از ۳ ایزوتوپ پایدار Cr-52، Cr-54، Cr-53 است، که فراوان‌ترین آنها Cr-52 است. باقی مانده ایزوتوپ‌های آنها از نیمه عمری کمتر از ۲۴ ساعت برخوردار هستند، به طوری که نیمه عمر اکثر آنها کمتر از ۱ دقیقه است. کلاً فلز کروم و ترکیبات کروم III برای سلامت انسان خطر ناک است، اما ترکیبات کروم VI در صورت بلع سمی است. استاندارد ملی ایران محدوده استاندارد کروم را حداکثر (۱ ppm) اعلام کرده است. فلز نیکل بیشتر در خاک و رسوبات دیده می‌شود. این فلز توانایی اتصال با ذرات آهن و یا منگنز را دارد. از متداول‌ترین اثر نیکل بر انسان می‌توان به واکنش آلرژیک آنها اشاره نمود. افزایش آلودگی با نیکل به مدت طولانی مشکلاتی نظیر سرطان ریه و سینوس‌ها را به وجود می‌آورد. طبق مطالعات انجام شده توسط محققان که به بررسی تأثیر متوالی کوددهی بر غلظت فلزات سنگین و عناصر کمیاب خاک‌های کشاورزی پرداختند، بیان کردند که نیکل، مس، کادمیوم و اورانیوم با مقادیر قابل ملاحظه‌ای از ترکیبات کودهای فسفره در میزان افزایش غلظت این عناصر در خاک‌ها اثر بسزایی دارد [۱۰]. استاندارد ملی ایران محدوده استاندارد نیکل را حداکثر (۰/۶ ppm) اعلام کرده است. هدف از این پژوهش بررسی غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل و کروم در برنج رقم هاشمی (رقم پرمصرف در گیلان) در ۹ منطقه انتخابی در استان گیلان و مقایسه آنها با میزان قابل قبول بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس مناطق مورد ارزیابی در استان گیلان برای آلودگی برنج به عناصر سنگین

درجه آزادی	میانگین مربعات			نیکل
	کادمیوم	سرب	کروم	
۹	۰/۱۰۵**	۰/۰۵۱**	۲/۸۸۵**	۰/۳۵۳**
۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲

**معنی داری در سطح احتمال ۱٪

کمترین آن مربوط به منطقه کومله (۰/۲۴۸ ppm) است. میانگین غلظت فلز سرب در تمامی مناطق مورد ارزیابی ۰/۴۶۵۴ ppm برآورد گردید که بیشتر از حد استاندارد (۰/۲ ppm) بود. همچنین نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که کروم در مناطق شاندرمن، اباتر، رشت، مریدان، ماسال و ظاهر گوراب بیشتر از حد استاندارد (۱ ppm) بوده و بیشترین آن مربوط به منطقه شاندرمن (۳/۶۳۹ ppm) و کمترین آن مربوط به منطقه رودسر (۰/۷۵۰ ppm) است. میانگین غلظت فلز کروم در تمامی مناطق ۱/۷۳۰ ppm بود که بیشتر از حد استاندارد (۱ ppm) برآورد گردید. در رابطه با فلز نیکل نتایج حاکی از آن است که در مناطق شاندرمن و رشت بیشترین میزان غلظت این فلز مشاهده گردید به طوری که شاندرمن با ۱/۴۶۰۰ ppm بالاترین میزان آلودگی به نیکل را نشان داده است و پس از آن رشت با ۰/۷۳۳ ppm در رده بعدی از نظر آلودگی به نیکل قرار گرفت. غلظت نیکل در بقیه مناطق مورد مطالعه پایین تر از حد استاندارد (۰/۶ ppm) است. میانگین نیکل در تمامی مناطق مورد ارزیابی ۰/۵۵۵ ppm برآورد گردید، که به مقدار استاندارد (۰/۶ ppm) نزدیک، ولی کمتر از آن بود (جدول ۲).

مصرف شده برحسب mg/kg (ppm)، Cons متوسط مصرف روزانه برنج بر اساس استاندارد $110 gr/day$ و BW متوسط وزن بدن که برحسب کیلوگرم (۶۰ کیلوگرم) است. تمامی اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام گردید. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ مورد تجزیه قرار گرفت. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها برای مقایسه بین تیمارها از تجزیه واریانس یکطرفه استفاده گردید و سپس برای مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر سنگین از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

یافته‌ها

مناطق ۹ گانه و گروه کنترل از نظر غلظت فلزات مورد مطالعه اختلاف بسیار معنی داری را نشان دادند (جدول ۱). با بررسی غلظت فلزات مورد بررسی با استاندارد Codex EU, WHO [۱۲] مشاهده گردید که اختلاف معنی داری بین غلظت تمام فلزات مورد ارزیابی با استاندارد Codex وجود دارد. مقایسه میانگین داده‌ها در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد که غلظت کادمیوم در همه مناطق زیر حد استاندارد (۰/۱ ppm) است و از این نظر اختلاف معنی داری را با مقدار استاندارد نشان دادند (جدول ۲). میزان غلظت فلز سرب در نمونه‌های برنج در همه مناطق مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد (۰/۲ ppm) بود، به طوری که بیشترین غلظت اندازه‌گیری شده مربوط به منطقه رشت (۰/۶۵۱ ppm) و

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار عناصر سنگین موجود در برنج هاشمی در مناطق مورد ارزیابی استان گیلان و مقایسه با استانداردها برحسب ppm

منطقه/ عنصر	کادمیوم	سرب	کروم	نیکل
رودسر	۰/۰۰۵g±۰/۰۰۱	۰/۳۵۹i ±۰/۰۴۰	۰/۷۵۰g±۰/۰۱۰	۰/۴۴۲e ±۰/۰۲۰
کوده	۰/۰۰۷۵f ±۰/۰۰۲	۰/۵۴۶C ±۰/۰۶۰	۰/۸۴۷fg±۰/۰۰۳	۰/۵۰۳d ±۰/۰۲۰۵
شاندرمن	۰/۰۷۷۹b ±۰/۰۰۵	۰/۵۸۸b ±۰/۰۴۵	۳/۶۳۹a ±۰/۲۷۴	۱/۴۶۰a ±۰/۰۴۰
اباتر	۰/۰۰۱h ±۰/۰۰۱	۰/۳۴۵e ±۰/۰۱۵	۱/۵۲۰d ±۰/۳۰۰	۰/۴۱۷e ±۰/۰۶۰
رشت	۰/۰۲۶۹C ±۰/۰۰۵	۰/۶۵۱a ±۰/۰۲۰	۲/۹۴۱b ±۰/۲۰۹	۰/۷۳۳b ±۰/۰۷۴
مریدان	۰/۰۰۰۳i ±۰/۰۰۱	۰/۳۸۲f ±۰/۰۳۰	۱/۲۴۰e ±۰/۰۴۰	۰/۳۳۴f ±۰/۰۱۶
کومله	۰/۰۰۹۵e ±۰/۰۰۳	۰/۲۴۸h ±۰/۰۴۵	۰/۹۱۳fg±۰/۰۹۸	۰/۳۱۲f ±۰/۰۲۹
ماسال	۰/۰۱۴۵d ±۰/۰۰۳	۰/۳۷۱g ±۰/۰۵۱	۲/۴۳۰C ±۰/۲۱۰	۰/۴۹۳d±۰/۱۲۱
ظاهر گوراب	۰/۰۰۱۵h ±۰/۰۰۲	۰/۵۰۵d ±۰/۰۶۵	۱/۲۹۳e ±۰/۰۹۲	۰/۳۰۴f ±۰/۱۸۱
کنترل (Standard codexEU,WHO)	۱a	۰/۲j	۱f	۰/۶C

در ستون اعداد با حروف یکسان دارای تفاوت معنی داری نیستند.

بحث و نتیجه گیری

به طور کلی همه مناطق مورد مطالعه از نظر غلظت سرب، مقادیری بیش از استاندارد تعیین شده توسط کمیته تخصصی مشترک FAO/WHO در مواد افزودنی‌های غذایی JECFA^۱ که معادل ۰/۲ میلی‌گرم در یک کیلوگرم ماده غذایی است را نشان دادند. در تمامی مناطق میزان سرب از حد استاندارد بالاتر است، ولی مقایسه بین میزان دریافت هفتگی مجاز و قابل تحمل سرب (۲۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته) در تمامی مناطق مورد بررسی نشان می‌دهد که میزان دریافت هفتگی کمتر از میزان قابل تحمل است. اگر چه درصد بالایی (۲۱/۸٪) از میزان مجاز را برنج مصرفی به تنهایی به خود اختصاص داده است که می‌تواند زنگ خطری از نظر سلامت و ایمنی برای مردم منطقه باشد.

غلظت کادمیوم نیز در همه مناطق مورد بررسی از میزان تعیین شده توسط FAO/WHO (1 ppm) کمتر بود. به علاوه مقادیر دریافت هفتگی فلز کادمیوم در تمامی مناطق در مقایسه با مقدار مجاز دریافت هفتگی تعیین شده توسط FAO/WHO (۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته) به طور قابل ملاحظه‌ای پایین تر قرار داشت. بررسی آلودگی به سرب در مناطق مورد بررسی نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین مناطق بود، به طوری که مناطق رشت و شاندرمن بیشترین میزان آلودگی را دارا بودند.

مقادیر اندازه‌گیری شده برای نیکل و کروم نیز نشان داد که آلودگی به این فلزات بیشتر در مناطق غرب گیلان مشاهده می‌گردد که برنج تولید شده در منطقه شاندرمن بیشترین آلودگی به این دو فلز را بر اساس استاندارد تعیین شده نشان داد. در مورد فلز کادمیوم، همه مقادیر اندازه‌گیری شده کمتر از میزان استاندارد FAO/WHO بود.

در تحقیقی که بر روی ۹۹ نمونه برنج طارم و دم سیاه کشت شده در سه ناحیه استان لرستان بر روی مقادیر سرب و

میزان دریافت هفتگی قابل تحمل (PTWI) برای فلزات سنگین از طریق مواد غذایی در منابع مختلف مورد بررسی قرار گرفته است [۱، ۱۲].

مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده فلزات سنگین با مقادیر مجاز مصرف هفتگی WHO/FAO، نشان داد که به جز مقادیر محاسبه شده برای فلز کروم در مناطق شاندرمن و رشت که بیشتر از مقدار مجاز دریافتی قابل تحمل در هفته (۲۳/۳ $\mu\text{g}/\text{kgweight}/\text{week}$) بود برای سایر عناصر سنگین (کادمیوم، سرب و نیکل) در محدوده قابل قبول قرار داشتند (جدول ۳). لازم به ذکر است مصرف هفتگی کادمیوم، سرب و نیکل از طریق مصرف برنج به ترتیب ۲/۹۲، ۲۱/۸ و ۱۰/۱۷٪ از مقدار مجاز دریافت هفتگی WHO/FAO بوده است. البته باید مدنظر داشت که سایر منابع غذایی نیز می‌توانند حاوی آلودگی فلزی باشند که زمینه مورد مطالعه این تحقیق نیست.

جدول ۳- محاسبه دریافت هفتگی عناصر سنگین مورد ارزیابی به ازای دریافت روزانه ۱۱۰ گرم برنج در مناطق مختلف استان گیلان

مناطق	کادمیوم	سرب	کروم	نیکل
رودسر	۰/۵۵	۳۹/۴۹	۸۲/۵	۴۸/۶۲
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۰۶۴	۴/۶۰	۹/۶۲	۵/۶۷
کوده	۰/۸۲۵	۶۳/۳۶	۹۳/۱۷	۵۵/۲۸
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۰۹۶	۷/۳۹	۱۰/۸۶	۶/۴۵
شاندرمن	۰/۵۶۹	۶۲/۴۸	۴۰۰/۲۹	۱۶۰/۶
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۹۹۹	۷/۲۸	۴۶/۷۰	۱۸/۷۳
اباتر	۰/۱۱۰	۴۸/۹۵	۱۶۷/۲	۴۵/۹۴
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۰۱۲	۵/۷۱	۱۹/۵۰	۵/۳۶
رشت	۲/۹۵۹	۴۲/۰۲	۳۲۳/۵۱	۸۰/۶۳
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۳۴۵	۴/۹۰	۳۷/۷۴	۹/۴۰
مریدان	۰/۰۳۳	۴۲/۰۴	۲۶/۴	۳۶/۷۴
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۰۰۳۸	۴/۹۰	۱۵/۹۱	۴/۲۸
کومله	۱/۰۴۵	۲۷/۲۸	۱۰۰/۱	۳۴/۳۲
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۱۲۱	۳/۱۸	۱۱/۶۷	۴/۰۰۴
ماسال	۱/۵۹۵	۴۸/۸۱	۲۶۷/۳	۵۴/۳۳
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۱۸۶	۴/۷۶	۳۱/۱۸	۶/۳۲
طاهرگوراب	۰/۱۶۵	۵۵/۵۵	۱۴۱/۹	۳۳/۴۶
میزان دریافت هفتگی ^b	۰/۰۱۹	۶/۴۸۳	۱۶/۵۵	۳/۹۰
مقدار مجاز دریافتی قابل تحمل در هفته ^b	۷	۲۵	۲۳/۳	۷۰

a: میکروگرم در روز b: میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در هفته

1. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive

غلظت آلاینده کادمیوم در نمونه‌های برنج پنج شهر مهم تولیدکننده برنج در جنوب ایران (اهواز، شوشتر، باغ ملک، دشت آزادگان و رامهرمز) نشان داد که میزان غلظت کادمیوم در همه نمونه‌ها بیشتر از میزان مجاز FAO/WHO بوده است. به علاوه دریافت هفتگی این فلز در همه نمونه‌های مورد مطالعه در رامهرمز بیشتر از میزان مجاز هفتگی تعیین شده توسط FAO/WHO است. به طوری که $73/2\%$ از نمونه‌های جمع‌آوری شده از پنج شهر بالاتر از حد مجاز قرار داشتند [۲۰]. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی برنج رشد یافته در شالیزارهای خرم‌آباد توسط برخی از محققان، میزان کادمیوم در برنج حدود $0/115$ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شد، که این میزان بالاتر از حد استاندارد بود [۲۱]. بررسی وضعیت آلودگی سرب و کادمیوم در نمونه‌های برنج جمع‌آوری شده از مزارع تعیین شده از منطقه میداوود مازندران نشان داد که میانگین کل غلظت کادمیوم ($0/02 \text{ mg/kg}$) کمتر از حد استاندارد WHO و میزان سرب ($1/07 \text{ mg/kg}$) بیشتر از حد استاندارد بود. به علاوه میزان دریافت هفتگی این دو فلز در حد مجاز پیشنهاد شده توسط FAO/WHO ارزیابی گردید [۲۲].

شکل‌های در دسترس فلزات سنگین در خاک به عواملی نظیر نوع برنج، شکل حل شدنی و قابل انتقال و برخی عوامل دیگر شامل pH، مواد آلی، ظرفیت تبادل یونی، پتانسیل اکسایش-کاهش، مقدار مواد معدنی و اکسیدهای آهن یا منگنز موجود در خصوصیات خاک وابسته است. pH کم و مقدار بالای مواد آلی در خاک، زیست‌فراهمی، حلالیت و حرکت فلزات سنگین را افزایش می‌دهد [۶]. به عبارت دیگر هرگونه کاهش در pH خاک در مزارع شالیزاری می‌تواند، در دسترس قرارگیری فلزات و جذب فلزات توسط گیاه را افزایش دهد و سبب خطرات جبران‌ناپذیری بر سلامت مصرف‌کنندگان گردد. همچنین می‌توان بیان کرد که افزایش پتانسیل اکسایش-کاهش و اکسیدهای آهن/منگنز نیز در دسترس قرارگیری فلزات سنگین را افزایش می‌دهد [۸]. به علاوه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی نیز ممکن است به میزان قابل توجهی

کادمیوم، انجام گرفت، مقدار کادمیوم و سرب به ترتیب $0/37$ و $0/077$ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده غذایی و کمتر از حد مجاز استاندارد نشان داد [۲]. در تحقیقی که بر روی ارقام برنج هندی مورد مصرف در ایران انجام گرفت میانگین میزان سرب در نمونه‌های برنج بیشتر از حد استاندارد FAO/WHO بود [۱۷]. در تحقیق دیگری که در نمونه‌های برنج وارداتی پرمصرف شهر تبریز انجام شد، غلظت کادمیوم و سرب به طور قابل توجهی بالاتر از ضوابط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بود. اما نتایج مربوط به مصرف هفتگی قابل تحمل (PTWI) فلزات سنگین سرب و کادمیوم از طریق برنج نشان داد که در حد مجاز FAO/WHO است [۱]. در پژوهشی که بر روی نمونه‌های برنج ایرانی در استان گلستان و نمونه‌های وارداتی (هندی) از نظر میزان غلظت کادمیوم، کروم و سرب انجام گرفت، نتایج نشان داد که میزان کادمیوم در نمونه‌های ایرانی بیشتر از ارقام هندی است، ولی هر دو نمونه در محدوده تعیین شده توسط استاندارد ایران و کدکس قرار گرفت. میزان آلودگی به فلز کروم در برنج هندی بیشتر از نمونه‌های ایرانی بود و از لحاظ غلظت سرب بین ارقام داخلی و خارجی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشده و مقادیر در حد مجاز استاندارد قرار داشتند [۱۵]. بررسی غلظت آلاینده سرب، کادمیوم و کروم در انواع ارقام برنج هندی و پاکستانی وارداتی توزیع شده در شهر سنندج نیز حاکی از آن بود که غلظت سرب، کادمیوم و کروم در محدوده قابل قبول استاندارد قرار داشت ولی میزان جذب هفتگی کادمیوم و کروم بالاتر از حد میزان مجاز دریافت هفتگی محاسبه گردید [۱۸]. با بررسی میزان فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در برنج ایرانی و مقایسه آن با برنج وارداتی مصرفی در شهر تهران مشخص گردید که در بین انواع ارقام برنج‌های هندی، تایلندی و پاکستانی از نظر آماری تفاوتی وجود نداشته و همگی دارای غلظت کادمیوم بیشتر از حد استاندارد بین‌المللی بودند. ولی در رقم ایرانی میزان آلودگی کمتر از حد استاندارد گزارش شده است. میزان دریافت هفتگی همه ارقام مورد مطالعه نیز در حد مجاز بوده است [۱۹]. بررسی

فلزات سنگین را در گیاه افزایش دهد. نکته حائز اهمیت در ویژگی فلزات سنگین می‌توان به پایداری آن اشاره کرد که نسبت به فرایندهای زیستی و شیمیایی تجزیه نمی‌شوند و با تغلیظ و تجمع در مواد غذایی و محیط زیست سبب صدمات جبران ناپذیری می‌گردند [۲۳]. جذب و تجمع فلزات سنگین به وسیله گیاه به طور شدیدی به در دسترس بودن فلزات نسبت به سطح کل فلزات در خاک بستگی دارد. در حقیقت متغیرهایی نظیر نحوه کشت محصول، رقم برنج، فصول، محیط و شرایط جغرافیایی و شرایط خاک از مهمترین عوامل تغییر دهنده عناصر در نمونه‌های برنج به شمار می‌روند، لذا تفاوت‌های موجود ممکن است مربوط به این عوامل باشد [۲۴، ۲۵]. با توجه به مطالب عنوان شده و با در نظر گرفتن اینکه استان گیلان از نظر شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های خاک مورد

استفاده برای کشت برنج متفاوت است، لذا منشأ اصلی اختلاف در میزان آلودگی به عناصر سنگین در مناطق مورد ارزیابی می‌تواند این دو عامل باشد به علاوه استفاده از آبهای آلوده به فاضلاب شهری در شالیزارهای این مناطق، قرارگیری شالیزارهای این مناطق در مسیر جاده‌های شهری و روستایی و میزان اسیدی بودن خاک مناطق مورد ارزیابی نیز می‌تواند در میزان آلودگی عناصر سنگین هر یک از مناطق نقش به سزایی داشته باشد. اگرچه در تمامی مناطق، میزان عناصر سنگین در مصرف هفتگی از حد قابل تحمل و مجاز کمتر است، ولی میزان قابل ملاحظه ای را از جیره غذایی کل به خود اختصاص می‌دهد. لذا برای فراهم نمودن امنیت غذایی و سلامت مردم منطقه بایستی به کاهش میزان آلودگی به فلزات سنگین توجه ویژه‌ای شود.

References

1. Rezaian Attar F, Hesari J. A study on contamination of white rice by cadmium, lead and arsenic in Tabriz. *Journal of food research*. 2014; 23(4):581-594. [Persian]
2. Hedayatifar R, Falahi E, Birjandi M. Determination of Cadmium and Lead levels in high consumed rice (*Oryza Sativa L.*) cultivated in Lorestan province and its comparison with national standards. *Journal of Lorestan University of Medical Sciences*. 2011; 12(4):15-22. [Persian]
3. Arunakumara KKIU, Walpola BC, Yoon M-H. Current status of heavy metal contamination in Asia's Rice Lands. *Reviews in environmental science and bio/technology*. 2013; 12(4):355-377.
4. Bai J, Xiao R, Gong A, Gao H, Huang L. Assessment of heavy metal contamination of surface soils from typical paddy terrace wetlands on the Yunnan Plateau of China. *Physics and chemistry of the earth*. 2011; 36(9-11):447-450.
5. Okhovat M, Vakili D. Rice (planting, harvesting). Tehran: Farabi; 1997. [Persian]
6. Hodgson E. A textbook of modern toxicology. 4th ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons; 2010.
7. Watanabe T, Shimbo S, Moon CS, Zhang ZW, Ikeda M. Cadmium contents in rice samples from various areas in the world. *The science of the total environment*. 1996; 184(3):191-196.
8. Cao F, Mosaddek Ahmed I, Zheng W, Zhang G, Wu F. Genotypic and environmental variation of heavy metal concentrations in rice grains. *Journal of food agriculture and environment*. 2013; 11(1):718-724.
9. Davatgar N, Zare A, Shakoori Katigari M, Rezaei L, Kavousi M, Sheikholeslam H, et al. Fertility status of paddy soils in Guilan Province. *Journal of land management*. 2016; 3(1):1-13. [Persian]
10. Mermut AR, Jain JC, Song L, Kerrich R. Trace element concentrations of selected soils and fertilizers in Saskatchewan, Canada. *Journal of environmental quality*. 1997; 25(4):845-853.
11. Sharma RK, Agrawal M. Biological effects of heavy metals: an overview. *Journal of environmental Biology*. 2005; 26(2):301-13.
12. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Food & Feed-Maximum limit of heavy metals ISIRI. no12968. 1st. Edition, Karaj: ISIRI; 2000 [Persian]
13. Karbassi AA, Biati A. Environmental geochemistry. Tehran: Kavosh ghalam; 2007. [Persian]
14. Cheraghi, M., Afshari Bahmanbeigloo, Z., Seif A. Health assessment of arsenic and zinc in rice cultivated in Fars Province (case study: Firoozabad Fields). *Journal of food hygiene*. 2013; 3(3):67-74. [Persian]
15. Shokrzadeh M, Rokni M, Galstvan. 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 Sciences*. 2013; 23(98):234-242. [Persian]
16. Cheng F, Zhao N, Xu H, Li Y, Zhang W, Zhu Z, et al. Cadmium and lead contamination in japonica rice grains and its variation among the different locations in southeast China. *The science of the total environment*. 2006; 359(1-3):156-166.
17. Malakootian M, Yaghmaeian K, Meserghani M, Mahvi AH, Danesh Pajouh M. Determination of Pb,Cd,Cr and Ni concentration in Imported Indian Rice to Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2011; 4(1):77-84. [Persian]
18. Mansouri B, Azadi N, Rezaei Z. Survey of Pb, Cd, and Cr concentrations in imported Indian and Pakistan rice distributed in Sanandaj city. *Zanko Journal of Medical Sciences*. 2015; 16(49):44-49. [Persian]
19. Ziarati P, Moslehisahd M. Determination of heavy metals (Cd, Pb, Ni) in Iranian and imported rice consumed in Tehran. *Iranian journal of nutrition sciences & food technology*. 2017; 12(2):97-104. [Persian]
20. Mehrnia M. Cadmium levels in rice product of South of Iran and its daily intake. *International journal of agriculture and crop sciences*. 2013; 5(20):2349-2351.
21. Matinfar H, Maleki A. Evaluation of heavy metal of water, soil, and rice in Khorramabad Rice. In: 1st Regional Conference of Water 2007. [Persian]
22. Kolahkaj M, Battalebloie S. Health Risk of Cadmium and Lead in the Rice Cultivated in Meydavood, Khoozestan Province, Iran. *Journal of health research in community*. 2018; 4(2):39-46. [Persian]
23. Fu J, Zhou Q, Liu J, Liu W, Wang T, Zhang Q, et al. 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*. 2008; 71(7):1269-1275.
24. Saito I, Oshima H, Kawamura N, Yamada M. Screening method for determination of high levels of cadmium, lead, and copper in foods by polarized Zeeman atomic absorption spectrometry using discrete nebulization technique. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*. 1988; 71(4):829-832.
25. Torabian A, Mahjori M. Heavy metals uptake by vegetable crops irrigated with wastewater in South Tehran. *Iranian journal of soil and waters sciences*. 2002; 16(2):189-196. [Persian]

Comparison of the concentration of heavy elements and their weekly absorption in consumed rice planted in different regions of Guilan province

Neda Vahaji¹, *Mandana Tayefe², Seyyed Mostafa Sadeghi³

Abstract

Background: Contamination of rice with heavy metals and its entry into the food chain can cause irreparable damage to human health and the environment. The purpose of this study was to compare the concentration of heavy elements and their weekly absorption in consumed rice which has produced in different regions of Guilan province.

Materials and methods: In this study, Hashemi rice samples were in nine areas of Guilan province. To determine the level of contamination of rice to heavy metals, an induced plasma mass spectrometry device (ICP-MS) was utilized. One-way analysis of variance and the mean comparison based on Duncan test at 5% probability were carried out level for nine areas with control group (10 treatments) in three replications for the elements cadmium, lead, nickel, and chromium.

Results: There was a significant difference among the studied areas in terms of concentration of heavy metals as well as a significant difference with control. In all areas, lead was higher than the permitted level (0.2ppm). Except for Rudsar, Kudeh, and Kumeleh, chromium was higher than the permitted limit (1ppm). The concentration of nickel in Rasht and Shanderman was higher than the limit value (0.6ppm). Cadmium was lower than permitted value (0.1 ppm) in all areas. It should be noted that based on the FAO/WHO standard, the measured values of all studied metals were tolerable for human in the permissible weekly level.

Conclusion: Although tolerable weekly intake of evaluated metals by people through rice consumption was not higher than the permitted value, the consumption of other contaminated foods with heavy elements along with rice may lead to significant and irreparable effects.

Keywords: Heavy Metals, Rice, Food Contamination, Cadmium, Lead, chromium, Nickel

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

2. Instructor, Department of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
(*Corresponding author)
m.tayefe@liau.ac.ir

3. Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran