

## اثر شستشو و خیساندن بر کاهش میزان سرب، آرسنیک و کادمیوم برنج‌های توزیع شده در کرمانشاه

هادی ادیبی<sup>۱</sup>؛ مریم مظهري<sup>۲\*</sup>؛ کاظم بیدکی<sup>۳</sup>؛ مجید محمودی<sup>۲</sup>

### چکیده

زمینه: آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی برای گیاهان محسوب می‌شود. این فلزات می‌توانند از طریق زنجیره غذایی، زندگی بشر را به مخاطره اندازند. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر شستن و خیساندن بر میزان کاهش فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در برنج‌های توزیع شده در کرمانشاه است.

روش‌ها: در این مطالعه ۱۴ نمونه برنج وارداتی و ۷ نمونه برنج داخلی عرضه شده در کرمانشاه جمع‌آوری شد و میزان سرب، کادمیوم و آرسنیک با استفاده از دستگاه جذب اتمی در برنج خام و برنج پس از شستن و خیساندن اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: متوسط غلظت سرب، کادمیوم و آرسنیک در برنج وارداتی قبل از شستن و خیساندن این میزان به ترتیب به  $۱۸۳/۵۹ \pm ۲/۲ \mu\text{g/kg}$ ،  $۵۱/۵۵ \pm ۱/۹ \mu\text{g/kg}$  و  $۸/۱۷ \pm ۰/۱۴ \mu\text{g/kg}$ ،  $۲۱۵/۷۱ \pm ۲/۵ \mu\text{g/kg}$ ،  $۴۲/۳ \pm ۱/۹ \mu\text{g/kg}$  و  $۷/۱۶ \pm ۰/۱۵ \mu\text{g/kg}$  کاهش پیدا کرد. در مورد برنج‌های داخلی متوسط غلظت سرب، کادمیوم و آرسنیک قبل از شستشو به ترتیب  $۲۷۵/۱۷ \pm ۳/۲ \mu\text{g/kg}$ ،  $۱۳/۲۸ \pm ۰/۶۷ \mu\text{g/kg}$  و  $۴۵/۹۲ \pm ۲/۱۶ \mu\text{g/kg}$  بود. بعد از شستشو این میزان‌ها به ترتیب  $۲۳۵/۱۲ \pm ۲/۷۲ \mu\text{g/kg}$  و  $۱۲/۳۱ \pm ۰/۱۵ \mu\text{g/kg}$  و  $۳۷/۶۱ \pm ۲/۱۵ \mu\text{g/kg}$  کاهش یافت. شستن و خیساندن به میزان ۱۵ درصد میزان سرب، ۷/۲ درصد میزان کادمیوم و ۱۸ درصد میزان آرسنیک را کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری: شستن و خیساندن، فاکتورهای مهمی برای کاهش میزان فلزات سنگین در برنج‌های توزیع شده در کرمانشاه هستند.

کلیدواژه‌ها: سرب، آرسنیک، کادمیوم، شستشوی برنج، خیساندن برنج

«دریافت: ۱۳۹۲/۳/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۴»

۱. مرکز تحقیقات دارورسانی نوین، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

۲. معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

۳. گروه بیوشیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شرق

\*عهده‌دار مکاتبات: کرمانشاه، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، معاونت غذا و دارو، تلفن: ۰۸۳۱-۴۲۳۴۲۳۵، فاکس: ۰۸۳۱-۴۲۳۴۲۳۵

Email: mazhari\_maryam@yahoo.com

### مقدمه

کودهای شیمیایی به منظور باروری خاک که حاوی فلزات سنگین هستند، باعث آلودگی زمین‌های کشاورزی می‌شوند و از آنجایی که رابطه معناداری بین فلزات سنگین خاک و میزان تجمع آن‌ها در گیاه وجود دارد، این فلزات سنگین پس از تجمع در گیاهان و حیوانات، آسیب‌های جدی به سلامت این موجودات و مصرف‌کننده‌های آن‌ها از جمله انسان وارد می‌کنند (۲) و (۳). بر همین اساس یکی از دلایل اصلی مواجهه انسان با

افزایش بیش از حد جمعیت و الگوی فعالیت صنعتی امروزی، خصوصاً از نیمه دوم قرن حاضر باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه آلودگی با فلزات سنگین شده است (۱ و ۲). هرساله کارخانجات و واحدهای صنعتی و مراکز شهری با ورود فاضلاب‌ها و پساب‌های خود به محیط‌های آبی و وارد شدن آن‌ها به زمین‌های کشاورزی و همچنین استفاده از سموم و

منطقه، ترافیک و فاصله منطقه رشد گیاه از جاده را می‌توان نام برد. که گیاهانی که در مناطق صنعتی رشد می‌کنند، غلظت بالاتری از سرب دارند. میزان کادمیوم نیز به نزدیکی مراکز صنعتی و دفع فاضلاب‌های آنها و پسماندها بستگی دارد (۱۲ و ۱۳). مهم‌ترین اثر سوء مصرف کادمیوم در انسان، بیماری ایتا ایتای است که اولین بار به‌علت مصرف برنج آلوده به این فلز در ژاپن گزارش شد. از دیگر اثرات سمی این فلز می‌توان به تخریب کلیه اشاره کرد. از اثرات مخرب فلز سرب نیز، می‌توان به آسیب جدی به سیستم عصبی مرکزی و محیطی اشاره نمود (۱۴ و ۱۵). از آنجا که برنج، کم‌طاقة‌ترین غله نسبت به خشکی بوده و نیاز آبی آن، بیشتر از محصولات دیگر می‌باشد، به‌دلیل کمبود آب، کشاورزان از آب‌های زیرزمینی یا از فاضلاب‌ها یا رودخانه‌های آلوده به فلزات سنگین برای آبیاری مزارع برنج استفاده می‌کنند (۱۶). استفاده از این آب‌های آلوده در مزارع برنج، منجر به افزایش مقادیر فلزات سنگین در دانه‌های برنج می‌شود. مصرف برنج در ایران تقریباً ۴۲/۵ کیلوگرم به ازای هر فرد در سال بوده و مصرف روزانه برنج در کشورهای آسیایی ۱۷۸-۱۵۸ گرم در روز برای هر فرد با متوسط وزن ۶۰ کیلوگرم می‌باشد. بنابراین مصرف برنج آلوده منجر به تجمع فلزات سنگین در بدن می‌شود. این مسأله در دوره‌های طولانی‌مدت، منجر به نارسایی‌هایی در بافت‌ها و ارگان‌های بدن می‌شود (۱۷) و (۱۸). از آنجایی که بیشتر مصرف‌کنندگان ایرانی بر شستشوی برنج و خیساندن آن قبل از پخت عادت دارند، هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در دو نوع برنج خام و شسته‌شده و خیسانده‌شده است. این مطالعه روی برنج‌های وارداتی و داخلی با برند معروف، در سطح عرضه کرمانشاه انجام شد.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه که در سال ۱۳۹۰ به روش توصیفی مقطعی انجام شد ۲۱ نمونه از برندهای معروف برنج از

فلزات سنگین، مس‌سرخاک-دانه-غذا (Crop-Food-Soil) است (۴). از میان فلزات سنگین، عناصری مانند سرب، کادمیوم و آرسنیک، زئویوتیک هستند، به این مفهوم که برای متابولیسم بدن، مورد نیاز نیستند و حتی مقادیر کم آنها نیز برای بدن مضر است (۵ و ۶).

در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، دیگر از بدن دفع نمی‌شوند، بلکه در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌شوند و باعث بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی مانند اختلالات عصبی، انواع سرطان، سقط جنین، اختلالات تنفسی، آسیب به کبد و کلیه و مغز، التهاب مفاصل، ریزش مو و پوکی استخوان در بدن انسان می‌گردند (۴ و ۷). با توجه به این مسأله و نیز ماهیت بین‌المللی اهمیت روزافزون غذا در سال‌های اخیر، توجه عموم مردم و ارگان‌های نظارتی در بخش غذا، به‌خصوص سازمان تجارت جهانی، به‌صورت جدی به ایمنی غذا و تخمین کیفیت آن معطوف گشته است. زنجیره ایمنی غذا در کشور باید از مرحله مزرعه تا سفره خانواده تعیین شود (۸). در این میان برنج یکی از پرمصرف‌ترین غلات در جهان است و به‌طور گسترده در رژیم غذایی مردم وجود دارد و طبق گزارش FAO تقریباً ۳۰ درصد از منبع انرژی و ۲۰ درصد از منبع پروتئین جهان، از طریق مصرف برنج فراهم می‌گردد (۹). برنج غذای عمده بیش از نیمی از مردم مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیری جهان را تأمین می‌کند و در ایران، دومین غله پرمصرف به‌شمار می‌آید. همچنین به فرم‌های مختلف در آماده‌سازی غذاها، انواع کلوچه‌ها و کیک‌ها استفاده می‌شود. پس‌آلودگی این محصول، می‌تواند سلامتی انسان را به‌خطر بیاندازد. با این نگرش، بررسی سطوح آلاینده‌های برنج که یکی از اجزای اصلی سبد خانوار است باید مورد توجه باشد (۱۰). کشاورزان برای حاصلخیز شدن محصول برنج خود، از کودهای شیمیایی استفاده می‌کنند که خود باعث تجمع این فلزات در برنج می‌گردد (۱۱). از دلایل دیگر آلودگی برنج به فلزات سنگینی چون سرب، وضعیت صنعتی

دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی با کوره Varian استفاده گردید. در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل نتایج از آمار توصیفی استفاده شد و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. جهت بررسی اختلاف معنادار بین روش‌های مختلف بررسی از آزمون ANOVA استفاده شد و در صورت اختلاف معنادار از آزمون Tukey استفاده گردید.

### یافته‌ها

در این مطالعه، مجموعاً ۲۱ نمونه برنج داخلی و وارداتی در سطح شهر کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. از این میان ۷ نمونه ایرانی و ۱۴ نمونه وارداتی بود. میانگین میزان سرب در برنج داخلی  $37/2 \pm 275/17$  ppb و در برنج وارداتی  $2/5 \pm 215/71$  ppb به دست آمد. یکی از اهداف این مطالعه، علاوه بر بررسی میزان فلزات سنگین (سرب و کادمیوم و آرسنیک) در برنج خام، مطالعه تأثیر شستشو و خیساندن بر کاهش فلزات سنگین مورد مطالعه بود. بنابراین میزان فلز سرب در برنج‌ها پس از سه بار شستن و ۳ ساعت خیساندن (مرحله rinse) نیز اندازه‌گیری شد. میانگین میزان سرب در برنج داخلی و وارداتی پس از شستشو و خیساندن به ترتیب  $2/72 \pm 235/12$  و  $2/2 \pm 183/9$  ppb بود (جدول ۱).

در این مطالعه میزان سرب برنج پس از شستن و خیساندن به میزان ۱۵ درصد کاهش پیدا کرد. برای تأیید کاهش ۱۵ درصد سرب در دو مرحله شستن و خیساندن، آزمایشات موردنظر روی آب مرحله شستشو اولیه (مرحله rinse۱) و آب مرحله ۲ پس از شستن و خیساندن (rinse۲) انجام شد. نتایج نشان داد که در شستشو اولیه میزان ۵ درصد از سرب و در مرحله خیساندن ۱۰ درصد از میزان سرب خارج شده است (نمودار ۱). مقایسه میانگین سرب کل نمونه‌ها (وارداتی و داخلی) با حداکثر مجاز استاندارد ملی ایران (۱۵۰ ppb) نشان داد که میانگین مقدار سرب موجود در نمونه‌ها (وارداتی و داخلی) به‌طور معنادار بیشتر از حد مجاز اعلام شده است

فروشگاه‌های سطح شهر کرمانشاه خریداری شد. از این نمونه‌ها ۱۴ نمونه برنج وارداتی و ۷ نمونه برنج داخلی بودند. نمونه‌های برنج پس از جمع‌آوری، یکنواخت و در مقادیر ۴۰۰ گرم به‌خوبی آسیاب شدند. سپس نمونه‌های آسیاب‌شده به کیسه‌های نایلونی منتقل و کدگذاری شدند. از نمونه خشک برنج که آسیاب نشده ۶۰gr داخل بشر ریخته و به‌میزان ۱۰۰cc آب مقطر به آن اضافه شد. سپس برنج را صاف کرده و مقداری از آب شستشوی این مرحله (rinse1) برای آزمون فلزات سنگین نگه‌داشته شد. سپس ۲ بار و هر بار با ۱۰۰cc آب، نمونه برنج شستشو شد (کلاً ۳ بار شستشو). پس از سه بار شستن، برنج در ۱۰۰cc آب به مدت ۳ ساعت خیسانده شد. پس از ۳ ساعت خیساندن، آب این مرحله (rinse2) برای انجام آزمون جدا و برنج خیسانده‌شده (rinse) در فور ۱۱۰ درجه گذاشته شد تا رطوبت آن گرفته شود. پس از خشک شدن، نمونه‌ها آسیاب و برای آزمون فلزات سنگین (Cd, Pb, As) مورد استفاده قرار گرفتند. در ابتدا به مدت ۲۴ ساعت کلیه وسایل مورد استفاده جهت انجام آزمون، در اسید نیتریک ۱۰ درصد اسیدواش شدند. ۳ گرم از نمونه پودر شده توسط ترازوی دقیق ۰/۰۰۱ در یک کروزه چینی اسیدواش شده وزن گردید. کروزه بر روی شعله روشن، در زیر هود قرار گرفت تا نمونه به‌طور کامل سوخته شود و دیگر دود نکند. سپس کروزه در کوره الکتریکی قرار داده شد و دمای کوره بر روی  $550^{\circ}\text{C}$  تنظیم گردید. پس از سفید شدن خاکستر نمونه‌ها، کروزه را از داخل کوره خارج کرده و داخل دسیکاتور گذاشته تا خنک شود. خاکستر سفید حاصل روی بن‌ماری گذاشته شد و سپس در ۵ سی‌سی اسید کلریدریک ۶ نرمال و سپس ۲۰ سی‌سی اسید نیتریک ۰/۱ نرمال حل گردید. پس از گذشت ۵ دقیقه در صورت وجود ذرات معلق از کاغذ صافی عبور داده شد و به بالون ژوژه ۵۰ سی‌سی منتقل گردید و با آب دیونیزه به حجم رسانده شد. سپس این محلول باورتنس به‌خوبی تکان داده شد (۱۶). به‌منظور سنجش میزان فلزات سنگین در نمونه‌ها از

است (نمودار ۱). در آنالیز آماری کادمیوم، مشخص گردید که تفاوت معناداری بین مرحله rinse1 و rinse2 وجود ندارد ( $P > 0/05$ ). بدین معنی که میزان کادمیوم در مرحله شستشوی اولیه با مرحله خیساندن اختلاف معناداری با هم نداشته‌اند.

در برنج های وارداتی در مرحله قبل از شستن، میانگین آرسنیک  $51/55 \pm 0/19 \mu\text{g}/\text{kg}$  و پس از شستن و خیساندن (rinse)  $42/3 \pm 1/92 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود. در مورد برنج داخلی، میانگین آرسنیک در مرحله قبل از شستن و خیساندن  $45/92 \pm 2/16 \mu\text{g}/\text{kg}$  و در مرحله پس از شستن و خیساندن  $37/61 \pm 2/15 \mu\text{g}/\text{kg}$  بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که میانگین آرسنیک در نمونه‌های وارداتی و داخلی در محدوده استاندارد ملی ایران است ( $150 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) (۲۰).

آنالیز آماری نشان داد که میزان آرسنیک پس از شستن و خیساندن در نمونه‌ها در مجموع به میزان ۱۸ درصد کاهش یافته که تفاوت معناداری را بین مرحله قبل از شستن و پس از شستن و خیساندن ( $P < 0/05$ ) نشان می‌دهد (نمودار ۱).

برای تأیید کاهش تقریباً ۱۸ درصد ( $17/89$ ) آرسنیک، در دو مرحله شستن و خیساندن، آزمایشات مورد نظر روی آب مرحله شستشوی اولیه (rinse1) و آب مرحله پس از خیساندن (rinse2) انجام شد. نتایج نشان داد که در شستشوی اولیه  $6/99$  و در مرحله خیساندن  $10/97$  درصد از میزان آرسنیک خارج شده است (نمودار ۱).

( $P < 0/05$ ). در این مطالعه در مرحله قبل از شستن  $85/7$  درصد از برنج‌های داخلی و  $57/14$  درصد از برنج‌های وارداتی خارج از محدوده مجاز استاندارد ملی ایران بودند (۱). ولی پس از شستن و خیساندن در برنج داخلی  $71/42$  درصد و در برنج وارداتی  $28/5$  درصد از حداکثر مجاز استاندارد ملی ایران خارج شدند. در این مطالعه میزان سرب در برنج‌ها به حدی بالا بود که با شستن و خیساندن (کاهش ۱۵٪ سرب)، میزان این فلز دوباره از حداکثر مجاز استاندارد ملی ایران بالاتر بود (نمودار ۱).

همچنین میانگین کادمیوم در ۷ نمونه برنج داخلی قبل از شستن و خیساندن  $13/28 \pm 0/67$  و در ۱۴ نمونه برنج وارداتی  $8/17 \pm 0/14$  بود. میزان کادمیوم پس از شستن و خیساندن در برنج داخلی و وارداتی به ترتیب  $12/31 \pm 0/15$  و  $7/61 \pm 0/15$  کاهش یافت (جدول ۲). میزان کادمیوم در برنج‌ها پس از شستن و خیساندن (rinse) در مجموع به میزان  $7/2$  درصد کاهش یافت. تفاوت معناداری بین مرحله خام و مرحله پس از شستن و خیساندن ( $P < 0/05$ ) وجود داشت (نمودار ۱). مطالعه ما نشان داد که میزان کادمیوم چه قبل از شستن و چه پس از مرحله شستن و خیساندن به طور معنادار از حداکثر مجاز استاندارد ( $60 \text{ppb}$ ) کم‌تر است (۲۰). ( $P < 0/05$ ). برای اطمینان از این کاهش مانند فلز سرب، آزمایشات مورد نظر روی آب مرحله شستشوی اولیه (rinse1) و آب مرحله پس از شستن و خیساندن (rinse2) انجام شد. آنالیز آماری نشان داد که در مرحله rinse1 تقریباً  $3/2$  و در مرحله rinse2 ۴ درصد میزان کادمیوم خارج شده

جدول ۱- مقایسه (میانگین  $\pm$  SD) سرب در مراحل مختلف در برنج وارداتی و داخلی

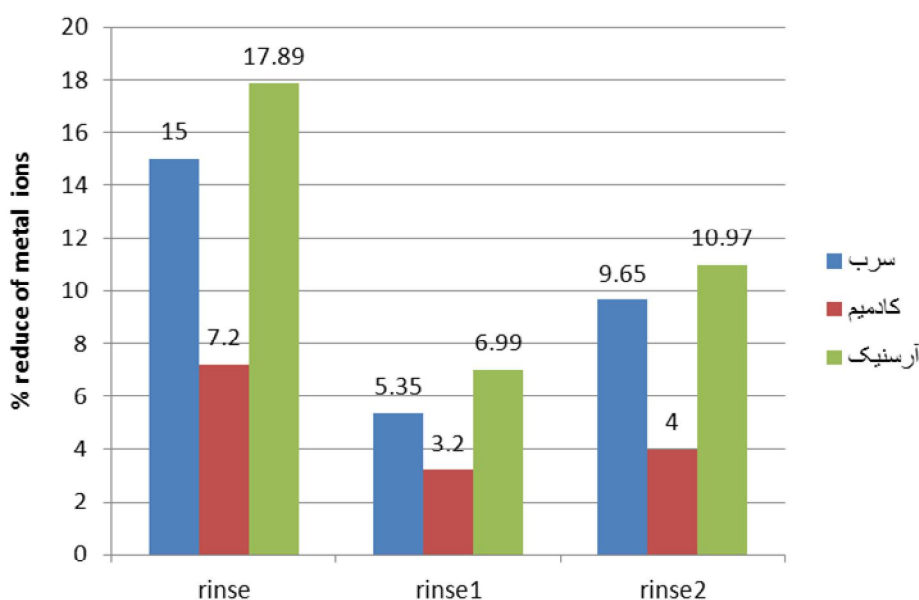
P value	شستشوی مرحله اول	شستشوی مرحله دوم	مرحله خیساندن	برنج خشک	تعداد	نوع برنج
$p < 0/05$	$12/57 \pm 2/18$	$27/47 \pm 2/07$	$235/12 \pm 2/72$	$275/17 \pm 3/2$	۷	داخلی
$p < 0/05$	$11/21 \pm 2/01$	$21/52 \pm 2/1$	$183/59 \pm 2/21$	$215/71 \pm 2/5$	۱۴	وارداتی
$p < 0/05$	$11/89 \pm 2/09$	$24/49 \pm 2/08$	$209/35 \pm 2/46$	$245/44 \pm 2/85$	۲۱	جمع

جدول ۲- مقایسه (میانگین  $\pm$ SD) کادمیوم در مراحل مختلف در برنج وارداتی و داخلی

P value	شستشوی مرحله دوم	شستشوی مرحله اول	مرحله خیساندن	برنج خشک	تعداد	نوع برنج
$p < 0.05$	$0.53 \pm 0.02$	$0.42 \pm 0.18$	$12/31 \pm 0.15$	$13/28 \pm 0.67$	۷	داخلی
$p < 0.05$	$0.31 \pm 0.02$	$0.26 \pm 0.02$	$7/61 \pm 0.15$	$8/17 \pm 0.14$	۱۴	وارداتی
$p < 0.05$	$0.42 \pm 0.02$	$0.34 \pm 0.19$	$9/9 \pm 0.15$	$10/73 \pm 0.4$	۲۱	جمع

جدول ۳- مقایسه (میانگین  $\pm$ SD) آرسنیک در مراحل مختلف در برنج وارداتی و داخلی

P value	شستشوی مرحله دوم	شستشوی مرحله اول	مرحله خیساندن	برنج خشک	تعداد	نوع برنج
$p < 0.05$	$5/03 \pm 0.13$	$3/38 \pm 0.25$	$37/61 \pm 2/15$	$45/92 \pm 2/16$	۷	داخلی
$p < 0.05$	$5/64 \pm 0.15$	$3/6 \pm 0.19$	$42/3 \pm 1/92$	$51/55 \pm 1/9$	۱۴	وارداتی
$p < 0.05$	$5/33 \pm 0.14$	$3/49 \pm 0.1$	$39/95 \pm 2/03$	$48/73 \pm 2/03$	۲۱	جمع



نمودار ۱- درصد کاهش سرب، کادمیوم و آرسنیک در مراحل مختلف آزمایش

rinse: برنج شسته و خیسانده شده، rinse1: آب مرحله اول شستشو، rinse2: آب مرحله خیساندن

## بحث

محیطی و منابع غذایی به این فلزات، بهتر است در مصرف محصولات حاوی این فلزات دقت بیشتری شود. سرب یکی از فلزهای غیرضروری برای بدن است به طوری که وجود هر مقدار از آن در بدن نشانگر آلودگی انسان به این فلز است. بیشترین راه جذب سرب به بدن از طریق دستگاه گوارش بوده و برحسب سن افراد متفاوت است، به طوری که جذب سرب خورده شده در بالغین حدود ۱۰ و در کودکان ۴۰ درصد است.

در این مطالعه میزان سرب در ۳۳/۴ درصد از برنج‌های مورد مطالعه ایرانی، هندی و پاکستانی موجود در بازار کرمانشاه بیش از مقدار تعیین شده استاندارد بود، ولی نمونه‌ها از لحاظ کادمیوم و آرسنیک در سطح پایین‌تر از مقدار مشخص شده توسط استاندارد ملی بودند (۲۰). به دلیل خاصیت تجمعی فلزات سنگین بر بافت‌های بدن و اثرات سوء آن و همچنین افزایش آلودگی‌های

می‌شود و در مورد برنج قهوه‌ای بیشتر از طریق آب گرم (یعنی همان مرحله جوشاندن) خارج می‌شود. این دانشمندان اندازه‌گیری خود را با دستگاه ICP- MASS انجام داد (۲۳). میهاز در بررسی‌های خود به این نتیجه رسید که شستن و آبکش کردن باعث کاهش فلزات سنگین می‌شود هرچند که بعضی از مواد ضروری آن هم هدر می‌رود ولی باید دقت کرد آبی که برای شستن و خیساندن و پختن استفاده می‌شود خود دارای فلز سنگین بالایی نباشد وگرنه خود باعث افزایش فلزات سنگین در برنج می‌شود (۲۳ و ۲۴).

مطالعه حاضر با مطالعه بختیاران و همکاران در مورد سرب نیز همخوانی داشت. براساس گزارش بختیاران و همکاران که در سال ۲۰۰۱ روی برنج‌های ایرانی انجام شد، نشان دادند که بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در برنج حسنی به ترتیب حدود ۹۶۵ppb و ۷۹/۳ppb است (۲۵) که در مطالعه حاضر، در برنج داخلی چه در مرحله قبل و چه پس از شستشو، میزان سرب و کادمیوم کم‌تر از این مقدار بود. ولی سرب هر دو مطالعه از حداکثر مقدار مجاز استاندارد ملی ایران بیشتر می‌باشد که این مطالعه نیز بالا بودن میزان سرب برنج‌های داخلی ایران را تأیید می‌کند. در این مطالعه به این نتیجه رسیدند که نزدیکی کارخانه‌ها و ورود آب رودخانه‌ها در زمین‌های کشاورزی از علل بالا بودن فلزات سنگین در برنج حسنی عنوان شده است. همچنین وجود برخی مواد در آب فاضلاب کارخانه‌ها، باعث کاهش PH خاک و در نتیجه افزایش حلالیت فلزات سنگین در خاک و در نتیجه افزایش این فلزات در برنج می‌شود. در این مطالعه یکی از علل بالا بودن فلزات سنگین در برنج حسنی که بالاترین میزان فلزات سنگین را در برابر برنج قصرالدشت داشت، هیبریدی بودن و باروری این برنج عنوان کردند که برنج‌های هیبریدی دارای قدرت جذب بیشتری در رابطه با جذب فلزات سنگین هستند (۲۴).

براساس گزارش هدایتی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در مطالعه‌ای که روی برنج‌های پرمصرف استان لرستان انجام

مسمومیت با سرب در کودکان منجر به مشکلات کندذهنی و عقب‌افتادگی ذهنی می‌شود (۲۱). در مطالعه ما میانگین میزان سرب در هر دو نوع نمونه و در هر دو حالت بالاتر از حد استاندارد ملی ایران بود. یعنی میزان سرب در نمونه‌ها به حدی بالا بود که با کاهش ۱۵ درصدی ناشی از شستن و خیساندن هنوز بالاتر از محدوده نرمال بود.

آژانس بین‌المللی سرطان (IARC)، کادمیوم را به‌عنوان عامل کارسینوژنیک معرفی نموده است و این فلز عامل مهمی در ایجاد نارسایی کلیه معرفی شده است (۲۲). در مطالعه حاضر میزان فلز کادمیوم در نمونه وارداتی و داخلی به ترتیب ۱۳/۲۸ و ۸/۲۲ بود. پس از شستشو و خیساندن این میزان‌ها به اندازه ۷/۲ درصد کاهش یافتند و در هر دو حالت در محدوده مجاز استاندارد ملی بود.

مطالعه ما با مطالعه میهاز و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی دارد. آن‌ها اعلام کردند شستن برنج و پختن باعث خروج میزان زیادی فلزات سنگین از آن می‌شود. میهاز و همکاران به این نتیجه دست یافتند که سطح ضخامت  $80\mu\text{m}$  روی برنج، ناحیه غنی از فلزات سنگین است. شستن تا حد زیادی می‌تواند این فلزات را کاهش دهد. همچنین میهاز در این مطالعه به این نتیجه رسید که آب بیشتر، باعث خروج بیشتر فلزات سنگین از برنج می‌شود (۲۳). میهاز و همکاران میزان فلزات سنگین را در ۳ نمونه برنج آزمایش کردند که میزان فلز آرسنیک ۳۴۰ppb، سرب ۱۰ppb و کادمیوم ۴۱۰ppb گزارش شد. مطالعه آنان نشان داد که با شستن و پختن برنج، فلز آرسنیک در حدود ۵۰ درصد و کادمیوم ۲۰-۱۰ درصد و بقیه فلزات مانند سرب، مس، منیزیم و روی ۳۳-۱۰ درصد کاهش می‌یابد. در مطالعه حاضر با توجه به این‌که فقط مرحله شستن و خیساندن وجود داشت میزان خروجی فلزات سرب و کادمیوم به این مطالعه نزدیک بود. آن‌ها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که در برنج سفید، بیشترین فلزات از طریق آب سرد خارج

عوامل افزایش فلزات سنگین در خاک شالیزارها و نهایتاً در برنج دانستند (۱۲، ۲۴ و ۳۲).

مطالعات دیگری که توسط رحمانی و همکاران انجام شد حاکی از آن است که غلظت سرب در خاک ارتباط معناداری با حجم ترافیک در جاده‌های اطراف شالیزارها دارد (۳۳ و ۳۴) که شاید بالا بودن میزان فلز سرب برنج‌های شمال از حد مجاز استاندارد در ایران را بتوان به نزدیکی شالیزارها به جاده‌های پرتردد شمال نسبت داد. همچنین مطالعات زیادی نشان داده است عوامل زیادی می‌تواند روی حذف فلزات سنگین از خاک و سبزیجات مؤثر باشد. شستن، حفظ کردن pH خاک نزدیک ۷ و خشتی، متعادل نگه‌داشتن فسفات در خاک، دور بودن از نواحی صنعتی، جاده‌ها و رودخانه‌ها، استفاده از کودهای آلی به جای معدنی و تناوب کشت می‌تواند در کاهش فلزات سنگین خاک و در نتیجه محصول مؤثر باشد (۲۱ و ۳۵).

مطالعاتی در ایران برای بررسی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم در برنج ایرانی و برنج هندی با استفاده از هدایت الکتریکی انجام شد. این آزمایش بر روی آب ناشی از چندین بار شستشوی برنج انجام شد که مقایسه در حالات مختلف نشان داد که هر مرحله شستشو باعث کاهش میزان سرب و کادمیوم در هر دو برنج ایرانی و هندی گردید. یعنی که مطالعه مورد نظر ما را نیز تأیید می‌کند (۳۴). همچنین به استناد گفته‌های رئیس بخش کشاورزی هند که اذعان کرد برخی مزارع برنج هندی نیز در نواحی پایین دست رودخانه‌های هند وجود دارند و به علت این که فاضلاب‌ها و پساب‌های کارخانه‌ها به این رودخانه‌ها ریخته می‌شوند را می‌توان از علل بالا بودن سرب در برنج‌های وارداتی هندی دانست (۲۹).

یکی دیگر از علل افزایش فلزات سنگین که نقش عمده‌ای در افزایش غلظت فلزات سنگین خاک شالیزارها و نهایتاً برنج دارد استفاده از کودهای فسفاته در کشاورزی طی سالیان اخیر می‌باشد (۸ و ۱۶). کاربرد زیاده از حد کود فسفره ممکن است نه تنها باعث افزایش

شد نشان دادند که میزان سرب و کادمیوم به ترتیب ۷۷ppb و ۳۷ppb است (۲۶). در مطالعه دیگری توسط لی و همکاران، میزان متوسط سرب و کادمیوم برنج‌های موجود در بازار تایوان به ترتیب ۲۰ppb و ۱۰ppb تعیین شد (۲۷). همان‌طور که مشاهده می‌شود در برنج‌های داخلی و وارداتی مطالعه حاضر، میزان سرب بسیار بیشتر از این مقدار است. حتی پس از شستن و خیساندن نیز میانگین نمونه‌های برنج بیشتر از این میزان بودند. اما در مورد کادمیوم در هر دو برنج و در هر دو حالت در حد این دو مطالعه است. از متغیرهایی که در تفاوت میزان سرب و کادمیوم برنج در نواحی مختلف تأثیر دارد محیط، منطقه جغرافیایی، نحوه کشت محصول، واریته برنج، فصول و شرایط خاک هستند (۲۸ و ۲۹). مثلاً در منطقه بزرگی از بنگلادش و بنگال و سایر ایالات در هند و ویتنام به آلودگی آرسنیک ناشی از آب زیرزمینی مبتلا شدند که این آب برای آبیاری دانه‌های کشاورزی مانند برنج استفاده می‌شد (۳۰). در مطالعه‌ای که بوداچی و همکاران روی شالیزارهای شمال انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مصرف بی‌رویه کود و سموم شیمیایی از جمله عوامل آلودگی و ناپایداری خاک در مازندران می‌باشد. غلظت سرب و کادمیوم در خاک منطقه صنعتی آمل به ترتیب  $۱۲۷ \pm ۱۳/۱۶$  میکروگرم بر گرم خاک به دست آمد (۱۶).

همچنین در مطالعه‌ای که بر روی برنج‌های موجود در بازار عربستان از سه برند هندی، تایلندی و مصری انجام شد میزان سرب به ترتیب ۲۶۴ppb، ۲۹ppb و ۵۲ppb تعیین گردید که بالا بودن میانگین سرب برنج هندی مطالعه حاضر را نیز تأیید می‌کند (۳۱).

مطالعات متعدد دیگری استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی جهت بهبود خاک و نزدیکی زمین‌های کشاورزی به مراکز صنعتی و جاده‌های کنار شالیزار، آلودگی هوا و همچنین با توجه به نیاز زیاد برنج به آب و با توجه به کمبود آب و استفاده مزارع از آب‌های رودخانه‌ها و ریختن پساب کارخانه در رودخانه‌ها را از

### نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، این نتیجه به دست آمد که به طور متوسط ۳ بار شستن و ۳ ساعت خیساندن، به میزان ۱۵ درصد میزان فلز سرب، ۷/۲ درصد میزان فلز کادمیوم و ۱۸ درصد میزان فلز آرسنیک را در برنج کاهش می دهد. پس شستن و خیساندن که در اکثر فرهنگها وجود دارد به کاهش این فلزات سنگین کمک می کند ولی باید مطمئن شد آبی که برای شستشو و خیساندن استفاده می شود خود دارای فلزات سنگین بالایی نباشد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه (آزمایشگاه کنترل غذا و دارو) به خاطر همکاری کمال تشکر را دارند.

فسفر خاک (که برای رشد برنج لازم است)، بلکه منجر به تجمع فلزات سنگین در خاک کشاورزی شود (۳۳).  
مطالعاتی که در قائمشهر بر روی خاک شالیزارها انجام شد نشان داد که استفاده از کودهای فسفره و پتاسیم در خاک منطقه مذکور، غلظت سرب و کادمیوم پس از استفاده این کودها را افزایش می دهد (۱۶).  
همچنین از آنجایی که تناوب کشت رعایت نمی شود و کشاورزان مجبور به استفاده مکرر از سموم و کودهای شیمیایی برای غنی کردن خاک هستند بنابراین غلظت این فلزات (سرب، کادمیوم و آرسنیک) در طول یکسال زراعی افزایش می یابد (۳۵). استفاده از کودهای بدون تاریخ تولید و انقضاء که به دلیل کاهش اثربخشی محصول، کشاورزان مجبور به استفاده بیش از اندازه کود می باشند، آلودگی محیط زیست و محصولات و در نهایت انسان را به دنبال دارد و می تواند از علل افزایش فلز سرب در برنج های مورد مطالعه باشد.

### References

1. Lin HT, Wong SS, Li GC. Heavy metals content of rice and shellfish in Taiwan. *J Food and Drug Anal.* 2004;12(2):167-74.
2. Lie GC, Lin HT, Lai CS. Investigation of the heavy metal content in soil and rice at the field irrigated by the water of cadmium street manufactory. *Proceeding of the 2nd workshop of soil pollution prevention.* 1999; National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
3. Shimbo S, Zhang ZW, Watanabe T, Nakatsuka H, Matsuda-Inoguchi N, Higashikawa K, et al. Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. *Sci Total Environ.* 2001;281(1-3):165-75
4. 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):1269-75.
5. Kasmae P. [Heavy metals in the environment (Persian)]. *Elec J Ecology.* 2006;12(2):24-5.
6. Zarcinas BA, Pongsakul P, McLaughlin MJ, Cozens G. Heavy metals in soils and crops in Southeast Asia. 2. Thailand. *Environ Geochem Health.* 2004;26(4):359-71.
7. Bosque MA, Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM. Concentrations of lead and cadmium in edible vegetables from Tarragona Province, Spain. *Sci Total Environ.* 1990;95:61-7.
8. Malakootian M, Yaghmaeian K, Meserghani M, Mahvi AH, Daneshpajou M. [Determination of Pb, Cd, Cr and Ni concentration in Imported Indian Rice to Iran (Persian)]. *J Health & Environ.* 2011;4:25-9.
9. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 1999;884:i-viii, 1-96.
10. Kai Y, Chang M, Kung W, Kuo AD, Chuan LB, Sheng Chi, et al. Arsenic and lead contamination rice soils in the Guanda and plain Northern Taiwan. (World congress of soil solutions for a changing world. Brisbane, Australia, Published on DVD. August 2010;15-17.
11. Ju XT, Kou CL, Christie P, Dou ZX, Zhang FS. Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. *Environ Pollut.* 2007;145(2):497-506.
12. Shirinfekr M, Mahbob A. [Trends of heavy metals in rice due to the distance from the pollution source(Persian)]. *Proceedings of the 7th Congress of Iranian Territory.* 2001;329-32



13. Kabata PA. Trace elements in soils and plants. 3rd ed. New York: CRC Press. 2000;432.
14. Chen ZS, SLL O, HC Wu. Summary analysis and assessment of rural soils contaminated with Cd in Taoyuan. Project report of Scientific Technology Advisor Group (STAG), executive Yuan. Taipei, Taiwan. (In Chinese, with English abstract and Tables). (Unpub. Mimeograph ). 1994.
15. 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. *Sci Total Environ*. 2006;359(1-3):156-66.
16. Budaghi H, Younesian M, Mohammadi M. [Evaluation of arsenic, cadmium and lead in soil and ground water. Its relationship with the city fertilizers in Ghaemshahr (Persian)]. *J Mazandaran University of Medical Sciences*. 2011;21(1):20-9.
17. Deb SC, Fukushima T. Metals in aquatic ecosystems: mechanisms of uptake, accumulation and release. *Ecotoxicological perspectives*. *Intern J Environ Studies*. 1999;56:385-417.
18. Needleman HL, Schell A, Bellinger D, Leviton A, Allred EN. The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood. An 11-year follow-up report. *N Engl J Med*. 1990;322(2):83-8.
19. Pip E. Cadmium, copper and lead in wild rice from central Canada. *Arch Environ Contam Toxicol*. 1993;24(2):179-81.
20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Food & Feed-Maximum limit of heavy metals (Persian)]. 1st ed. 2009; ICS: 67.020
21. Gulson BL, Davis JJ, Bawden-Smith J. Paint as a source of recontamination of houses in urban environments and its role in maintaining elevated blood leads in children. *Sci Total Environ*. 1995;164(3):221-35.
22. Saito Y. Studies on heavy metal pollution in Agricultural Lands. Part IV: Cadmium adsorption and translocation in the rice seeding as affected by the nutritional status and co-existence of other heavy metals, Shikayo Nogy Shikenjo. *Sci Total Environ*. 1978;54:121-35.
23. Victor G, Mihaz G, Silversmit T. Removal of some elements from washed and cooked rice studied by inductively coupled plasma mass spectrometry and synchrotron based co focal micro-X-ray fluorescence. *Food Chem*. 2010;21:290-7.
24. Sarfaraz A, Rahmani M. [Accumulation of heavy metals in soils and plants irrigated with contaminated water (Persian)]. *J Soil and Water*. 2007;2:503-9.
25. Bakhtiarian A, Gholipour M, Ghazi-Khansari M. [Lead and cadmium content of Korbali rice in northern Iran 2001 (Persian)]. *Iranian J Pub Health*. 2001;30(3-4):129-32.
26. Hedayaty R, Falahy E, Birjandy M. [Determination of lead and cadmium in high consumption Lorestan Province (Persian)]. *Journal of Lorestan University of Medical Sciences*. 2010;21(4):15-22.
27. Liu WX, Shen LF, Liu JW, Wang YW, Li SR. Uptake of toxic heavy metals by rice (*Oryza sativa* L.) cultivated in the agricultural soil near Zhengzhou city, People's Republic of China. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2007;79(2):209-13.
28. Al-Saleh I, Shinwari N. Report on the levels of cadmium, lead, and mercury in imported rice grain samples. *Biol Trace Elem Res*. 2001;83(1):91-6.
29. Health Information Center [cited 14 Oct 2008]. Available at: <http://www.farsnews.com>
30. Bahmanyar MA, Shahaby M. [The effect of municipal wastewater application on some heavy metals in soils and cultivated plants (Persian)]. *J Environ Studies*. 2008;33(44):19-26.
31. Rahmani HR. [The soil leads pollution by on road vehicles of Iran (Persian)]. *Journal of Isfahan University of Technology*. 1995;9(1):398-400.
32. Rahmani H. [Effluent quality of Zobahan Company and its effects on irrigated grape fields (Persian)]. *Environ Sci*. 2008;5(4):135-44.
33. Chen ZS. Relationship between heavy metal concentration in soils of Taiwan and uptake by crops. *J Agricul Chem*. 2000;106:25-7.
34. Khosravi M, Baramifar GH, Ggasempour M. [Contamination of heavy metals Zn, Cu, Hg, Pb, Cd in three parts Lagoon sediments (Persian)]. *J Environ Health*. 2011;5(2):223-32.