JRIFST
مقالهٔ کامل پژوهشی

www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۸، جلد ۸، شماره ۳، صفحات ۲۴۴-۲۳۵
DOI: 10.22101/JRIFST.2019.09.17.833

اثر عوامل کی‌لیت‌کنندهٔ سیترات و تارتارات پتاسیم بر حذف سرب از برنج در فرایند پخت

عاطفه‌سادات هاشمی گرم‌دره[۱]، محمد گلی[۲*]

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
* نویسندهٔ مسئول (mgolifood@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

واژه‌های کلیدی
ارزیابی حسی
برنج
تیمار خیساندن و پخت
حذف سرب
عوامل کی‌لیت‌کننده

چکیده

امروزه آلودگی برنج به فلزات سنگین یکی از مشکلات پیش‌روی بشر است. ازاین‌رو، هدف از این مطالعه بررسی اثر خیساندن و پخت در حضور عوامل کی‌لیت‌کننده با درجهٔ غذایی یعنی تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر میزان حذف سرب سه نوع برنج وارداتی (هند، تایلند و آمریکا) است. اندازه‌گیری با جذب اتمی در سه تکرار صورت گرفت و مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح ۰/۰۵ به روش آزمون دانکن صورت گرفت. بیشترین و کمترین مقدار سرب به‌ترتیب در برنج تایلندی و هندی ۷۳۳۷/۳۳ و ۳۸۰/۶۳ میکروگرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. فرایند خیساندن و سپس پخت با نمک‌های تارتارات و سیترات پتاسیم، سرب را به میزان بیش از ۹۸/۵ ، ۹۹/۶ و ۹۹/۰۵ درصد به‌ترتیب در برنج‌های هندی، تایلندی و آمریکایی کاهش داد. اثر فرایند پخت در مقایسه با خیساندن تأثیر بیشتری در حذف سرب داشت ($P<0/05$). تارتارات در مقایسه با سیترات پتاسیم اثر بیشتری در حذف این فلز سنگین داشت ($P<0/05$) و تیمار خیساندن و سپس پخت با هم توانست میزان سرب را به میزان قابل‌ملاحظه‌تری کاهش دهد. ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد ($P>0/05$).

مقدمه

برنج پس از گندم از پرمصرف‌ترین غلات در سطح جهان به‌ویژه در کشورهای آسیایی بشمار می‌رود و به‌طور نسبی ۷۰ درصد از کالری موردنیاز روزانهٔ آنها را تأمین می‌کند. سرانهٔ سالیانهٔ مصرف برنج در کشور حدود ۴۰ کیلوگرم است و براساس آمار و ارقام، مصرف سرانهٔ برنج در آسیا ۸۵ کیلوگرم و در جهان معادل ۶۵ کیلوگرم است (زیارتی و مصلحی‌شاد، ۱۳۹۶). فلزات سنگین ازجمله آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند که مواجه‌شدن انسان با بعضی از آنها ازطریق آب و مواد غذایی می‌تواند مسمومیت‌های حاد، مزمن و خطرناکی را ایجاد کند (Shuklasr, 2005). آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی برای گیاهان است و این فلزات می‌توانند ازطریق زنجیرهٔ غذایی، زندگی بشر را به مخاطره بیاندازند. امروزه آلودگی برنج به فلزات سنگین (آبیاری با آب‌های آلوده، دفع و یا تصفیهٔ نادرست پساب‌ها، استفاده از کودهای شیمیایی برای اصلاح ویژگی‌های خاک) یکی از مشکلات پیش‌روی بشر است (Chaney *et al.*, 2004). مسمومیت با فلزات سنگین می‌تواند منجربه عوارضی مانند اختلالات عصبی، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی، برهم‌خوردن تعادل هورمون‌ها، سقط جنین، اختلالات تنفسی و قلبی-عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها، مغز، آلرژی، بی‌اشتهایی، پیری زودرس، کاهش حافظه، ریزش مو، پوکی استخوان، بی‌خوابی،

تضعیف سیستم ایمنی بدن، کم‌خونی، تخریب ژن‌ها و حتی مرگ شود. پژوهش‌های بی‌شماری انجام‌شده که اثرات رویکردهای فراوری معمولی مواد غذایی را بر سطوح فلزات سنگین، بررسی می‌کند. مشخص‌شده که فرایند پخت ممکن است تحت‌شرایط مشخص، غلظت یا میزان عوامل آلوده‌کننده را در بافت‌های غذایی همچون غذاهای دریایی (Appleton, Weeks, Calvez, & Beinhoff, 2006)، سبزیجات (Sharma, Agrawal, & Marshall, 2007) و برنج (Naseri, Rahmanikhah, Beiygloo, & Ranjbar, 2014) تغییر دهد. میزان آلودگی با فلزات سنگین تحت‌تأثیر روش پخت و اجزای فرایند پخت برنج قرار می‌گیرد. برخی از روش‌های پخت تا حدود زیادی می‌توانند محتوای فلزات سنگین را کاهش دهند (مورکیان، رضایی، آزادبخت و میرلوحی، ۱۳۹۲).

نتایج تحقیقی میانگین غلظت کادمیوم، سرب و آرسنیک در ۱۰ نمونه برنج وارداتی پرمصرف در تبریز را به‌ترتیب ۱۰۹، ۲۹۰ و ۵۵ میکروگرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن خشک گزارش داد (رضائیان‌عطار و حصاری، ۱۳۹۲). Naseri و همکاران (۲۰۱۴) اثر روش‌های پخت (کته و آبکشی) بر غلظت چند فلز سنگین (کادمیوم، سرب، کروم، نیکل و کبالت) در برنج‌های وارداتی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان کاهش فلزات، پس از پخت برای تمام فلزات یکسان نبوده و ترتیب Co>Ni>Pb>Cr مشاهده شده است. Yang، Li، Peng، Chen و Zeng (۲۰۱۶) به بررسی حذف سرب و کادمیوم روغن دانه‌های گیاهی و کنجالهٔ آنها و روش حذف پرداختند. تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم به‌طور مؤثری میزان فلزات سنگین را در کنجالهٔ دانه‌های روغنی کاهش داد. Ping Zhuang و همکاران (۲۰۱۶)، ارزیابی اثر پخت بر قابلیت دسترسی زیستی کادمیوم و آرسنیک در برنج را مطالعه کردند. فرایند پخت قابلیت دسترسی زیستی کادمیوم و آرسنیک را در برنج کاهش داد.

باتوجه‌به آلوده‌بودن برنج‌های وارداتی به سرب، تاکنون راه‌کارهای ساده‌ای چون خیساندن برنج در آب معمولی ارائه‌شده و تا حدودی فلزات سنگین را کاهش داده‌اند. ازاین‌رو، هدف از این پژوهش تعیین غلظت سرب در برخی از ارقام برنج خارجی و حذف این عنصر توسط عوامل کی‌لیت‌کننده (تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم) در مرحلهٔ خیساندن، پخت و خیساندن و پخت هم‌زمان برنج است.

مواد و روش‌ها

مواد

از بین برنج‌های وارداتی، سه نوع برنج وارداتی از کشورهای هند، آمریکا و تایلند از جهاد کشاورزی استان اصفهان در طی چهار فصل مختلف و در هر فصل برای هر نوع برنج ۱۰ نمونهٔ یک کیلویی جمعاً ۱۲۰ نمونه طی یکسال تهیه شد. هریک از آزمایش‌ها نیز در سه تکرار صورت گرفت. اسید نیتریک، اسید کلریدریک، تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. در آزمون‌های اولیه از غلظت‌های ۵۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (حدمجاز استاندارد کدکس غذایی به شمارهٔ Alimentarius Commission [CODEX], 1995-192، (1995)) سیترات یا تارتارات پتاسیم استفاده گردید و بهترین غلظت انتخاب‌شده در این تحقیق ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد زیرا اولاً غلظت‌های بالای ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از این کیلیت‌کننده‌ها نه تنها منجربه ترش‌شدن برنج پخته‌شده گردید بلکه غلظت بالاتر از این افزودنی‌ها تفاوت مشهود و معنی‌داری در کاهش سرب برنج نشان نداد.

آماده‌سازی نمونه‌ها

الف) نمونهٔ شاهد (Blank): سه نوع برنج وارداتی هندی، تایلندی، آمریکایی بدون هیچ فرایندی است.

ب) خیساندن و پختن بدون حضور ترکیبات کی‌لیت‌کننده (SC-Blank): ۱۰۰ گرم از هر نوع برنج به‌طور جداگانه در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب خیسانده و سپس به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه پخته شدند.

ج) خیساندن در حضور ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تارتارات پتاسیم (S-Tar) یا سیترات پتاسیم (S-Cit): ۱۰۰ گرم از هر نوع برنج به‌طور جداگانه در ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول آبی سیترات یا تارتارات پتاسیم به مدت ۳ ساعت خیسانده شدند.

د) پختن در حضور ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تارتارات پتاسیم (C-Tar) یا سیترات پتاسیم (C-Cit): ۱۰۰ گرم از هر نوع برنج به‌طور جداگانه در ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول آبی

سیترات یا تارترات پتاسیم به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه پخته شدند.

ه) خیساندن و پختن در حضور ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تارترات پتاسیم (SC-Tar) یا سیترات پتاسیم (SC-Cit): دو تیمار (ج) و (د) پشت‌سرهم انجام شدند. تیمارها در جدول (۱) نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- تیمارهای به‌کاررفته در این پژوهش

ردیف	کد تیمار	نوع فرایند
۱	Blank	نمونهٔ شاهد
۲	SC-Blank	خیساندن و پختن بدون حضور ترکیبات کی‌لیت‌کننده در آب جوش
۳	S-Tar	خیساندن در حضور تارترات پتاسیم
۴	S-Cit	خیساندن در حضور سیترات پتاسیم
۵	C-Tar	پختن در حضور تارترات پتاسیم
۶	C-Cit	پختن در حضور سیترات پتاسیم
۷	SC-Tar	خیساندن و پختن در حضور تارترات پتاسیم
۸	SC-Cit	خیساندن و پختن در حضور سیترات پتاسیم

در تمامی تیمارهای به‌کارگیری کی‌لیت‌کننده‌ها از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم استفاده شده است.

اندازه‌گیری فلزات سنگین به روش جذب اتمی

ابتدا ۲ گرم نمونهٔ آسیاب‌شده در بوته‌چینی توزین گردید. سپس نمونه‌ها روی شعله سوزانده شد و به کورهٔ الکتریکی منتقل شدند. دمای کوره تا ۴۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافته و خاکسترشدن به مدت ۵ ساعت انجام شد. بوته‌ها بعد از سردشدن به‌منظور محلول‌سازی به زیر هود منتقل شد. ۲۰ میلی‌لیتر اسید کلریدیک ۶ مولار به بوته اضافه شد و روی هیتر با دمای ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده تا میزان اسید در بوته به کمتر از ۳ میلی‌لیتر برسد. ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۱ مولار به بوته اضافه و مجدداً ۲ دقیقه روی هیتر حرارت داده شد. درنهایت محتوای بوته‌چینی توسط کاغذ صافی در یک بالن ۵۰ میلی‌لیتر صاف و با آب دیونیزه به حجم رساند شد. میزان فلز سنگین سرب با دستگاه جذب اتمی مجهز به کورهٔ گرافیتی (پرکین اِلمر، ساخت آلمان) با طول موج ۲۸۳/۵ نانومتر، دمای احتراق ۸۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و دمای اتمی‌شدن ۲۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. نیتریک اسید ۱۰ درصد حجمی-حجمی به‌عنوان شاهد استفاده شد. از محلول غلیظ سرب با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، استانداردهایی با ۶ غلظت متفاوت تهیه شد و منحنی استاندارد مربوطه ترسیم گردید و ملاک تعیین غلظت نهایی سرب نمونه‌های مورد آزمون قرار گرفت (ادیبی، مظهری، بیدکی و محمودی، ۱۳۹۲).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها به روش هدونیک توسط ۱۰ ارزیاب انجام شد. امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها براساس میانگین امتیاز طعم، مزه و بافت از عدد ۱ تا ۵ به‌ترتیب برای کمترین و بیشترین مطلوبیت کدگذاری شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

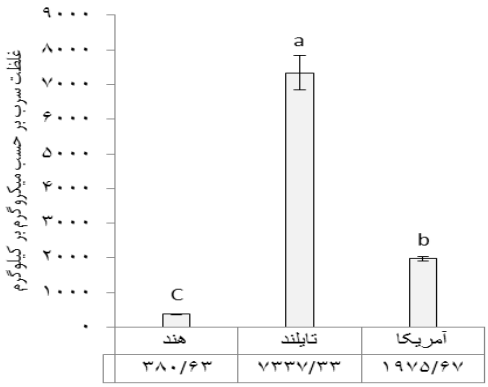
کلیه آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. آنالیز آماری با آزمون تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ صورت گرفت. معنی‌داری نمونه‌ها با آزمون دانکن و در سطح ۹۵ درصد ارزیابی شد.

میزان سرب برنج‌های وارداتی

میزان سرب سه نوع برنج وارداتی در شکل (۱) نشان داده شده است. اختلاف آماری بین میزان سرب انواع برنج وارداتی هندی، تایلندی و آمریکایی معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۵$). بیشترین و کمترین مقدار سرب در برنج تایلندی و هندی به‌ترتیب ۷۳۳۷/۳۳ و ۳۸۰/۶۳ میکروگرم بر کیلوگرم تعیین شد و میزان سرب برنج آمریکایی ۱۹۷۵/۶۷ میکروگرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد.

استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۲۹۶۸ و قوانین سازمان بهداشت جهانی (WHO)، حد مجاز سرب را در برنج ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشخص نموده است (FAO, 2004؛ سازمان‌ملی‌استانداردایران [ISIRI]، ۱۳۸۹). بر طبق حد مجاز گزارش‌شده، کلیه برنج‌های وارداتی میزان سرب بالاتر از حد مجاز داشتند. در مطالعه‌های صورت‌گرفته روی محصولات عمل‌آمده در بنگلادش، هند، چین، ویتنام، اندونزی و آبیاری برنج با آب‌های آلوده به آرسنیک و کشت برنج در مزارع آلوده به آن باعث تجمع آرسنیک در برنج و بحران آرسنیک در این مناطق معرفی شده است. دراین‌رابطه، کود کشاورزی آلوده یکی از منابع

آلودگی برنج به کادمیوم معرفی شده است (مورکیان و همکاران، ۱۳۹۲). در برخی از گزارش‌ها، نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و آلوده‌شدن آب‌وخاک به فاضلاب آنها، عامل تجمع فلزات سنگین و خصوصاً سرب، کادمیوم و آرسنیک شناخته شده است (Cao & Hu, 2000؛ مورکیان و همکاران، ۱۳۹۲). مواد شیمیایی کشاورزی و دیگر فعالیت‌های انسانی می‌تواند جزء سایر منابع آلوده‌کنندهٔ خاک‌های کشاورزی باشد (Zhao, Liu, Xu, & Selim, 2010). دررابطه‌با سرب برخی مطالعه‌ها بیان داشته‌اند خاک و ریشهٔ گیاهان ازجمله برنج قادر به جذب و تثبیت سرب هستند به‌این‌ترتیب میزان کمی سرب ازطریق آب‌وخاک به دانهٔ برنج منتقل می‌شود و عموماً آلودگی سرب در محصولات نزدیک به جاده‌ها و کارخانجات صنعتی بیشتر گزارش شده است. P Zhuang، Zou، Li و Li (۲۰۰۹) میزان سرب و کادمیوم برنج در چین را بالاتر از حد استاندارد و مجاز گزارش کردند. همچنین، Ke و همکاران (۲۰۱۵) میزان کادمیوم را در ۴۸۴ نمونه برنج مناطق مختلف چین در محدودهٔ ۰/۱۴۹ تا ۰/۱۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند که غلظت کادمیوم در ۱۸ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد گزارش شد. باوجوداینکه گزارش‌هایی از آلودگی انواع برنج به سرب در منابع وجود دارد، اما گزارشی مبنی بر تأثیر روش پخت با عوامل کی‌لیت‌کننده بر کاهش سرب در برنج ارائه نشده است.

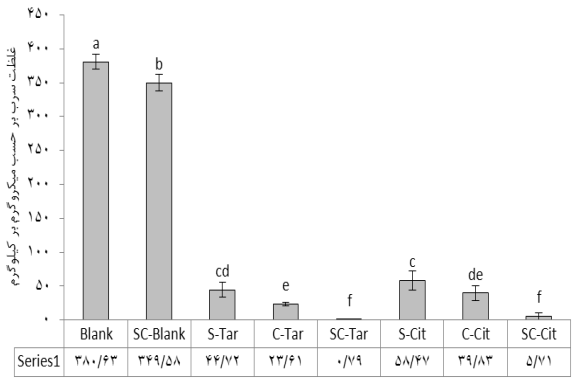


شکل ۱- مقایسهٔ میزان سرب سه نوع برنج وارداتی

حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌داربودن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ است.

اثر نوع تیمار بر میزان سرب برنج

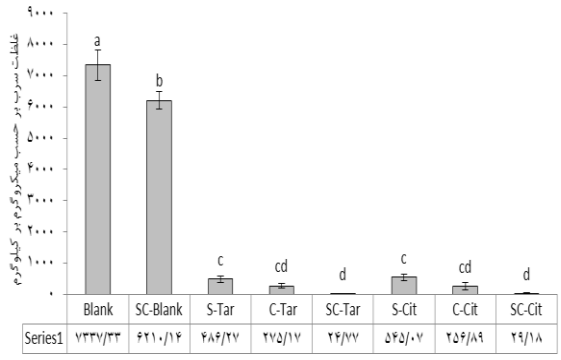
همان‌گونه‌که در شکل (۲) نشان داده شده است، تفاوت آماری معنی‌داری میان تیمارهای مختلف با نمونهٔ شاهد وجود دارد و بالاترین میزان سرب در برنج خام گزارش شد. هنگام پخت برنج بدون عوامل کی‌لیت‌کننده این مقدار به ۳۴۹/۵۸ میکروگرم بر کیلوگرم رسید که باز هم از حد مجاز استاندارد بیشتر بود. استفاده از کی‌لیت‌کننده‌ها در حذف و کاهش سرب نقش مؤثری داشته که بیشترین اثر در تیمارهای SC-Tar و SC-Cit دیده شد اما بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/05$). نتایج نشان داد که بین تیمارهای S-Tar و C-Tar و بین S-Cit و C-Cit اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P<0/05$). همچنین در مرحلهٔ پخت با عوامل کی‌لیت‌کننده کاهش بیشتری از سرب نسبت به مرحلهٔ خیساندن با عوامل کی‌لیت‌کننده صورت گرفت ($P<0/05$).



شکل ۲- مقایسهٔ تأثیر نوع تیمار فراوری بر میزان سرب برنج هندی

حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ است.

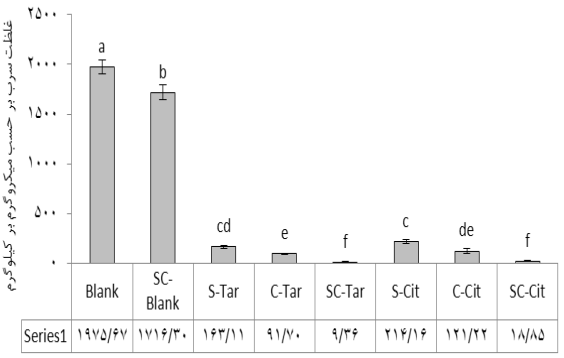
باتوجه‌به شکل (۳)، کاهش چشم‌گیر سرب در تیمار SC-Tar و SC-Cit دیده می‌شود که اختلاف آن با نمونهٔ شاهد معنی‌دار است ($P<0/05$). زمانی که برنج با آب و بدون عوامل کی‌لیت‌کننده پخته شد این مقدار سرب به ۶۲۱۰/۱۴ میکروگرم بر کیلوگرم رسید. تفاوت آماری معنی‌داری میان نمونه‌های خیسانده‌شده در تارتارات پتاسیم و نمونه‌های خیسانده‌شده در سیترات پتاسیم گزارش نشد. به‌علاوه، بین نمونه‌های پخته‌شده با تارتارات پتاسیم و پخته‌شده با سیترات پتاسیم نیز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P>0/05$).



شکل ۳- مقایسهٔ تأثیر نوع تیمار فراوری بر میزان سرب برنج تایلندی

حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ است.

نتایج شکل (۴) نشان می‌دهد که بین برنج شاهد و برنج پخته، تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بیشترین مقدار سرب در برنج شاهد و کمترین مقدار سرب مربوط به تیمار SC-Cit و SC-Tar است. همچنین، نتایج نشان داد که بین تیمار S-Tar و C-Tar اختلاف معنی‌داری وجود دارد. حتی بین تیمار S-Cit و C-Cit اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بین تیمارهای S-Tar و S-Cit همچنین بین تیمارهای C-Tar و C-Cit اختلاف معنی‌داری وجود ندارد($P>۰/۰۵$).



شکل۴- مقایسه تأثیر نوع تیمار فراوری بر میزان سرب برنج آمریکایی

حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ است.

در مطالعه‌های قبلی درخصوص کاهش آرسنیک گزارش شد که مراحل خیساندن و پخت تأثیر زیادی بر کاهش میزان این فلز سنگین دارند. برخلاف نتایج گزارش‌شده از کاهش آرسنیک در پخت برنج، درمورد تغییرات کادمیوم گزارش شد که فرایند آماده‌سازی و پخت اثر کمی در کاهش غلظت کادمیوم به‌جا می‌گذارد. حتی کاربرد روش‌هایی که طی آن از مقدار زیادی آب برای شست‌وشو استفاده می‌شود، اثر ناچیزی در کاهش کادمیوم دارد (Chaney *et al*., 2004; Huo, Du, Xue, Niu, & Zhao, 2016). در برخی از مطالعه‌ها مانند مطالعهٔ (Khan *et al*., 2010) مشاهده شد که غلظت کادمیوم طی پخت تغییری نمی‌کند. محققین دیگری از روش خیساندن و پخت جهت کاهش دیگر فلزات سنگین برنج استفاده کردند. Mihucz، Virág، Zang، Jao و Záray (۲۰۰۷) گزارش دادند شستن و پخت برنج (به نسبت آب:برنج ۱:۶ میلی‌لیتر به گرم) میزان آرسنیک را به میزان قابل‌ملاحظه‌ای به پایین‌تر از حد مجاز کاهش داد و پس از خیساندن (نسبت آب‌مقطر به برنج ۶:۱) و پخت محدود برنج (نسبت آب‌مقطر به برنج ۳:۱)، کاهش کادمیوم را در حدود ۱۰-۱۵ درصد گزارش کردند. در پژوهش دیگر، پخت برنج (نسبت آب به برنج ۱:۲) موجب کاهش ۱۰ درصدی کادمیوم در مقایسه با برنج خام اولیه شد (Ping Zhuang *et al*., 2016). Naseri و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که پختن می‌تواند میزان کادمیوم را در برنج کاهش دهد ، اما Wang، Wang، Zhang و Liu (۲۰۱۴) بیان کردند که تفاوت معنی‌داری بین میزان کادمیوم برنج پخته‌شده در مایکروویو و برنج خام وجود ندارد. نتایج این تحقیق با نتایج پیش‌رو همخوانی دارد.

اثر متقابل تیمار و نوع برنج بر درصد حذف سرب

طبق نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۲) درخصوص برنج هندی و تایلندی، تفاوت آماری معنی‌داری میان تیمارهای مختلف با نمونهٔ شاهد ازنظر حذف سرب وجود دارد ($P<۰/۰۵$). بین تیمارهای S-Tar و S-Cit هم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به‌علاوه، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای C-Tar و C-Cit گزارش نشد.

نتایج حاکی از آن است که کمترین درصد حذف سرب مربوط به تیمار SC-Blank و بیشترین درصد حذف سرب مربوط به تیمار خیساندن و پخت با عوامل کی‌لیت‌کنندهٔ تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم است که بین دو نوع عامل کی‌لیت‌کننده در این شرایط اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P>۰/۰۵$).

جدول ۲- میانگین درصد حذف سرب از برنج‌های وارداتی پس از به‌کارگیری تیمارهای مورد آزمون

نمونه	حذف سرب (درصد)		
	هند	تایلند	آمریکا
Blank	۰/۰۰^{fA}±۰/۰۰	۰/۰۰^{eA}±۰/۶۹	۰/۰۰^{fA}±۰/۶۹
SC-Blank	۸/۱۶^{eA}±۰/۵۵	۱۵/۳۶^{dA}±۰/۵۵	۱۳/۱۳^{eA}±۰/۵۵
S-Tar	۸۸/۲۵^{cdB}±۰/۷۹	۹۳/۳۷^{cA}±۰/۷۹	۹۱/۷۴^{cAB}±۰/۷۹
C-Tar	۹۳/۸۰^{bB}±۰/۷۲	۹۶/۲۵^{bA}±۰/۷۲	۹۵/۳۶^{bA}±۰/۷۲
SC-Tar	۹۹/۷۹^{aA}±۰/۴۹	۹۹/۶۶^{aA}±۰/۴۹	۹۹/۵۳^{aA}±۰/۴۹
S-Cit	۸۴/۶۴^{dB}±۰/۶۱	۹۲/۵۷^{cA}±۰/۶۱	۸۹/۱۶^{dAB}±۰/۶۱
C-Cit	۸۹/۵۴^{cB}±۰/۸۷	۹۶/۵۰^{bA}±۰/۸۷	۹۳/۸۶^{bcA}±۰/۸۷
SC-Cit	۹۸/۵۰^{aA}±۰/۶۹	۹۹/۶۰^{aA}±۰/۶۹	۹۹/۰۵^{aA}±۰/۶۹

نتایج به‌صورت میانگین±انحراف از میانگین سه تکرار گزارش شده است.

حروف غیرمشابه کوچک در هر ستون و حروف غیرمشابه بزرگ در هر ردیف نشان‌دهندهٔ معنی‌داربودن در سطح ۰/۰۵ است.

مطابق جدول (۲)، درخصوص برنج آمریکایی، بین تیمار S-Tar و تیمار S-Cit اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد؛ اما بین تیمار C-Tar و تیمار C-Cit اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. بیشترین درصد حذف مربوط به تیمار SC-Tar و تیمار SC-Cit بوده که اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار مشاهده نشد.

بیشترین و کمترین درصد حذف سرب در تیمار خیساندن با تارتارات پتاسیم به‌ترتیب مربوط به برنج تایلندی و برنج هندی است و اختلاف بین این دو گونه معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بیشترین درصد حذف سرب در روش پخت با تارتارات پتاسیم مربوط به برنج تایلندی و آمریکایی بوده که بین این دو گونه برنج ازنظر درصد حذف سرب اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در برنج هندی درصد حذف سرب در روش تیمار پخت با تارتارات ۹۳/۸۰ درصد است که در مقایسه با دو گونهٔ دیگر درصد حذف سرب کمتری را داشته است(P<۰/۰۵).

تفاوت آماری معنی‌داری میان انواع برنج هندی، تایلندی و آمریکایی خیسانده و پخته‌شده در تارتارات پتاسیم از لحاظ درصد حذف سرب مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج نشان داد که استفاده از تارتارات پتاسیم در مرحلهٔ خیساندن و پخت به‌طور هم‌زمان، بیشترین درصد حذف سرب را خواهد داشت. به‌طوری‌که در برنج هندی ۹۹/۷۹ درصد سرب حذف‌شده و تنها ۰/۲۱ درصد سرب در برنج باقی‌مانده است.

طبق نتایج نشان‌داده‌شده در جدول (۲)، بیشترین درصد حذف سرب در تیمار خیساندن برنج با سیترات مربوط به برنج تایلندی و کمترین درصد حذف سرب مربوط به برنج هندی است که اختلاف معنی‌داری میان این دو گونه برنج در این روش تیمار وجود دارد. بیشترین درصد حذف سرب در تیمار پخت با سیترات پتاسیم مربوط به برنج تایلندی و کمترین درصد حذف مربوط به برنج هندی است که ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری بین این دو گونه وجود دارد. تیمار خیساندن و پخت با سیترات پتاسیم در سه گونهٔ برنج مورد آزمون ازنظر درصد حذف سرب اختلاف ایجاد نکرد (P>۰/۰۵).

ازآنجایی‌که نمک‌های تارتارات و سیترات پتاسیم باعث افزایش جابجایی و مهاجرت فلزات از خاک‌های آلوده‌شده است لذا می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی ایمن در مواد غذایی جهت مهاجرت فلزات سنگین از درون محصولات غذایی استفاده شود (Wu, Luo, Christie, & Wong, 2003). Yang و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کی‌لیت‌کننده‌ها (تارتارات و سیترات پتاسیم) می‌توانند سرب و کادمیوم را به میزان قابل‌ملاحظه‌ای از کنجالهٔ بادام‌زمینی و کُلزا حذف کنند. همچنین با افزایش غلظت کی‌لیت‌کننده‌ها، حذف فلزات سنگین افزایش یافت و ارتباط خطی بین افزایش غلظت و افزایش راندمان حذف حاصل شد. تارتارات پتاسیم به‌عنوان حذف‌کنندهٔ مؤثر برای خارج‌سازی کادمیوم از کنجالهٔ کُلزا به‌کار رفت و راندمان حذف کادمیوم ۷۵/۰۲ درصد بود و غلظت کادمیوم از ۰/۹۵ به ۰/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافت (غلظت ۳۰ میلی مولار تارتارات پتاسیم). نتایج این تحقیق با نتایج گزارش‌شده در پژوهش حاضر همخوانی دارد. آنها مشاهده کردند که افزایش زمان و دمای تیمار کنجالهٔ بادام‌زمینی و کُلزا در حضور تارتارات پتاسیم و

سیترات پتاسیم، تأثیر بیشتری در کاهش میزان سرب و کادمیوم دارد. Huo و همکاران (۲۰۱۶) از اسید سیتریک جهت حذف کادمیوم از برنج استفاده کردند و برنج‌های آلوده بعد از تیمار با اسید سیتریک جهت تولید نشاسته و ایزولهٔ پروتئین برنج به‌کار رفت.

در مجموع، بر طبق نتایج گزارش‌های قبلی و مشاهده‌های این تحقیق می‌توان بیان کرد که نمک‌های تارتارات و سیترات پتاسیم و اسیدهای آن به واسطهٔ گروه‌های کربوکسیل خود و توانایی کی‌لیت‌کردن یون‌های فلزی می‌توانند، خارج‌کردن این ترکیبات را از منابع گیاهی افزایش دهند. بر طبق نتایج تحقیق پیش‌رو، عملکرد تارتارات پتاسیم در مقایسه با سیترات پتاسیم در حذف سرب بیشتر است.

ارزیابی حسی برنج‌های تیمارشده

ارزیابی حسی محصول مهم‌ترین پارامتر کیفی از سمت مصرف‌کننده است. نتایج ارزیابی حسی برنج‌های پخته‌شده (هند، تایلند و آمریکا) در شرایط مختلف و در حضور ترکیبات کی‌لیت‌کنندهٔ سیترات پتاسیم و تارتارات پتاسیم در جدول (۳) نشان داده شده است. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که تیمارهای انجام‌شده تغییری در خصوصیات ارزیابی حسی برنج‌ها ایجادنکرده، به‌گونه‌ای‌که ارزیاب‌ها اختلافی در نمونه‌های مختلف پخته‌شده با نمک‌های کی‌لیت‌کننده تشخیص ندادند ($P>0/05$). ازاین‌رو، استفاده از نمک‌های مربوطه می‌تواند علاوه‌بر کاهش فلزات سنگین در برنج‌های وارداتی اثری بر این خصوصیات نداشته باشد تا ازطرف مصرف‌کننده رد شود.

جدول ۳- میانگین ارزیابی حسی (پذیرش کلی) نمونه‌های برنج پس از تیمارهای مورد آزمون

نمونه	پذیرش کلی		
	هند	تایلند	آمریکا
Blank	-	-	-
SC-Blank	۴/۰۵^{a}±۰/۶۹	۴/۲۵^{a}±۰/۷۹	۴/۱۰^{a}±۰/۸۵
S-Tar	۴/۱۰^{a}±۰/۵۵	۴/۳۰^{a}±۰/۶۹	۴/۰۰^{a}±۰/۶۵
C-Tar	۴/۲۵^{a}±۰/۷۹	۴/۳۵^{a}±۱/۰۴	۴/۲۰^{a}±۰/۵۶
SC-Tar	۴/۰۰^{a}±۰/۷۲	۴/۱۵^{a}±۰/۹۳	۴/۳۵^{a}±۰/۴۴
S-Tar	۴/۲۰^{a}±۰/۴۹	۴/۴۵^{a}±۰/۶۰	۴/۱۰^{a}±۰/۷۲
C-Tar	۴/۵۰^{a}±۰/۶۱	۴/۳۰^{a}±۰/۹۸	۴/۲۰^{a}±۰/۵۱
SC-Tar	۴/۰۵^{a}±۰/۸۷	۴/۱۰^{a}±۱/۰۱	۴/۱۰^{a}±۰/۳۹

نتایج به‌صورت میانگین±انحراف از میانگین امتیاز ۱۰ ارزیاب گزارش شده است.

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

نتیجه‌گیری

بیشترین و کمترین مقدار سرب به‌ترتیب در برنج تایلندی و هندی دیده شد. در تمامی نمونه‌ها، میزان سرب بالاتر از حد مجاز و استاندارد گزارش شد. تیمار خیساندن در مقایسه با پخت تأثیر کمتری در حذف سرب داشت. تیمار خیساندن و سپس پخت با هم توانست میزان سرب را به میزان معنی‌داری کاهش دهد. نمک کی‌لیت‌کنندهٔ تارتارات در مقایسه با سیترات اثر بیشتری در حذف سرب از برنج‌های وارداتی داشت. ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد.

منابع

ادیبی، ه.، مظهری، م.، بیدکی، ک. و محمودی، م. (۱۳۹۲). اثر شستشو و خیساندن بر کاهش میزان سرب، آرسنیک و کادمیوم برنج‌های توزی شده در کرمانشاه. *ماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه*، ۱۷، ۶۲۸-۶۳۶ .

رضائیان‌عطار، ف. و حصاری، ج. (۱۳۹۲). بررسی آلودگی برنج‌های وارداتی پرمصرف در شهر تبریز به آلاینده‌های فلزی کادمیوم، سرب و آرسنیک. *نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی*، ۳۳، ۵۸۱-۵۹۴ .

زیارتی، پ. و مصلحی‌شاد، م. (۱۳۹۶). بررسی میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در برنج ایرانی و وارداتی مصرفی شهر تهران. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، ۱۲(۲)، ۹۷-۱۰۴ .

سازمان‌ملی‌استانداردایران. (۱۳۸۹). خوراک انسان-دام-بیشینه رواداری فلزات سنگین. (استاندارد ملی ایران، شمارهٔ ۱۲۹۶۸). برگرفته از http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=3036

مورکیان، ر.، رضایی، ا.، آزادبخت، ل. و میرلوحی، م. (۱۳۹۲). عوامل پخت تأثیرگذار بر محتوای فلزات سنگین در برنج. *مجله تحقیقات نظام سلامت*، ۱۳۹۴-۱۴۰۵.

Adibi, h., Mazhari, M., Bidaki, K., & Mahmoudi, M., (2014). The effect of washing and soaking on reducing the amount of lead, arsenic and cadmium in distributed rice in Kermanshah. *Monthly Journal of Kermanshah University of Medical Sciences, 17,* 628-636. (in Persian)

Alimentarius Commission, C. (1995). CODEX General Standard for Food Additives CODEX STAN. 192–1995. Retrieved from http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192e.pdf

Appleton, J., Weeks, J., Calvez, J., & Beinhoff, C. (2006). Impacts of mercury contaminated mining waste on soil quality, crops, bivalves, and fish in the Naboc River area, Mindanao, Philippines. *Science of the Total Environment, 354*(2-3), 198-211. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.01.042

Cao, Z., & Hu, Z. (2000). Copper contamination in paddy soils irrigated with wastewater. *Chemosphere, 41*(1-2), 3-6. doi:https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00383-5

Chaney, R. L., Reeves, P. G., Ryan, J. A., Simmons, R. W., Welch, R. M., & Angle, J. S. (2004). An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to phytoextract Cd from contaminated soils to prevent soil Cd risks. *Biometals, 17*(5), 549-553. doi:https://doi.org/10.1023/B:BIOM.0000045737.85738.cf

FAO. (2004). FAO statistical databases. *Food and Agriculture Organization.* Retrieved from Available from: http://apps.fao.org

Huo, Y., Du, H., Xue, B., Niu, M., & Zhao, S. (2016). Cadmium removal from rice by separating and washing protein isolate. *Journal of Food Science, 81*(6), T1576-T1584. doi:https://doi.org/10.1111/1750-3841.13323

Iranian National Standardization Organization. (2010). *Human-animal feed - maximum tolerance of heavy metals*. (ISIRI Standard No. 12968). Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=3036 (in Persian)

Ke, S., Cheng, X.-Y., Zhang, N., Hu, H.-G., Yan, Q., Hou, L.-L., . . . Chen, Z.-N. (2015). Cadmium contamination of rice from various polluted areas of China and its potential risks to human health. *Environmental Monitoring and Assessment, 187*(7), 408. doi:https://doi.org/10.1007/s10661-015-4638-8

Khan, S. I., Ahmed, A. M., Yunus, M., Rahman, M., Hore, S. K., Vahter, M., & Wahed, M. (2010). Arsenic and cadmium in food-chain in Bangladesh-an exploratory study. *Journal of Health, Population, and Nutrition, 28*(6), 578-584.

Mihucz, V. G., Virág, I., Zang, C., Jao, Y., & Záray, G. (2007). Arsenic removal from rice by washing and cooking with water. *Food Chemistry, 105*(4), 1718-1725. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.057

Morekian, R., Rezaee, E., Azadbakht, L., & Mirlohi, M. (2014). Cooking elements affecting on heavy metal concentration in rice. *Journal of Health System Researchs* (Nutrition Special Issue), 1394-1405 (in Persian).

Naseri, M., Rahmanikhah, Z., Beiygloo, V., & Ranjbar, S. (2014). Effects of two cooking methods on the concentrations of some heavy metals (cadmium, lead, chromium, nickel and cobalt) in some rice brands available in Iranian Market. *Journal of Chemical Health Risks, 4*(2), 65-72. doi:https://doi.org/10.22034/JCHR.2018.544068

Rezaeian-Attar, F., & Fence, C. (2014). Investigating the contamination of high-grade imported rice in Tabriz city with metal contaminants of cadmium, lead and arsenic. *Journal of Research in Food Industries, 33*, 581-594. (in Persian)

Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. (2007). Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 66*(2), 258-266. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.11.007

Shuklasr, P. (2005). Adsorption of Cu, Ni, and Zn on modified jute fibers. *Bioresource Technology, 96*(13), 1430-1438.

Wang, Z., Wang, H., Zhang, Z., & Liu, G. (2014). Electrochemical determination of lead and cadmium in rice by a disposable bismuth/electrochemically reduced graphene/ionic liquid composite modified screen-printed electrode. *Sensors and Actuators B: Chemical, 199*, 7-14. doi:https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.03.092

Wu, L., Luo, Y., Christie, P., & Wong, M. H. (2003). Effects of EDTA and low molecular weight organic acids on soil solution properties of a heavy metal polluted soil. *Chemosphere*, *50*(6), 819-822. doi:https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00225-4

Yang, Y., Li, H., Peng, L., Chen, Z., & Zeng, Q. (2016). Assessment of Pb and Cd in seed oils and meals and methodology of their extraction. *Food Chemistry*, *197*, 482-488.

Zhao, K., Liu, X., Xu, J., & Selim, H. (2010). Heavy metal contaminations in a soil–rice system: identification of spatial dependence in relation to soil properties of paddy fields. *Journal of Hazardous Materials*, *181*(1-3), 778-787. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.05.081

Zhuang, P., Zhang, C., Li, Y., Zou, B., Mo, H., Wu, K., . . . Li, Z. (2016). Assessment of influences of cooking on cadmium and arsenic bioaccessibility in rice, using an in vitro physiologically-based extraction test. *Food Chemistry*, *213*, 206-214. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.066

Zhuang, P., Zou, B., Li, N., & Li, Z. (2009). Heavy metal contamination in soils and food crops around Dabaoshan mine in Guangdong, China: implication for human health. *Environmental Geochemistry and Health*, *31*(6), 707-715. doi:https://doi.org/10.1007/s10653-009-9248-3

Ziarati, P., & Moslehi-shad, M. (2018). Determination of heavy metals based on the lead, cadmium, and nickel in Iranian and imported rice in Tehran. *Journal of Nutrition Sciences and Food Industry of Iran*, *12*(2), 97-104. (in Persian)

The Effect of Potassium Citrate and Tartrate as Chelating Agents on the Removal of Lead from Rice in the Cooking Process

Atefeh Sadat Hashemi Garmdarreh[1], Mohammad Goli[2*]

1- MSc. Graduated, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran
* Corresponding author (mgolifood@yahoo.com)

Abstract

Nowadays, the contamination of rice with heavy metals is one of the problems facing humanity. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of soaking and cooking in the presence of chelating agents such as GRAS including, tartrate potassium and potassium citrate (200 mg/kg) on the removal of lead from three types of imported rice (India, Thailand and the United States). Atomic absorption measurements were performed in three replications and the difference in mean of 0.05 was done by Duncan test. The highest and lowest amount of lead was measured in Thai and Indian rice, 7337.33 and 380.63 μg/kg, respectively. The process of soaking and cooking with the salt of tartrate and citrate reduced lead by more than 98.5, 99.6 and 99.05% in Indian, Thai and American rice, respectively. The effect of the cooking process compared with soaking had a more significant effect on lead removal (P<0.05). Tartrate had a greater effect on the removal of this heavy metal than citrate (P<0.05), and soaking and cooking treatment could more significantly reduce the amount of lead. The sensory evaluation of samples showed that there was no statistically significant difference between treatments (P>0.05).

Keywords: Chelating Agents, Lead Removal, Rice, Sensory Evaluation, Soaking and Cooking Treatment