

## عوامل پخت تاثیر گذار بر محتوای فلزات سنگین در برنج

رضا مورکیان<sup>۱</sup>، الهه رضایی<sup>۱</sup>، لیلا آزادبخت<sup>۲</sup>، مریم میرلوحی<sup>۳</sup>

### مقاله مروری

#### چکیده

**مقدمه:** در سال‌های اخیر، آلودگی برنج در برخی از نقاط جهان موجب کاهش ایمنی مصرف آن و بروز بحرانی در تولید و تجارت آن شده است. در ایران نیز گزارشات مختلفی از آلودگی تولیدات داخلی به فلزات سنگین ارایه شده است. اما غلظت فلزات سنگین طی فرآوری و پخت برنج تغییر می‌کند. هدف از این مقاله مروری، بررسی عوامل موثر در تغییر غلظت فلزات سنگین در پخت برنج می‌باشد.

**روش‌ها:** بدین منظور، با جستجو در منابع علمی معتبر ۵۱ مقاله از سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۲ فراهم شد و با بررسی خلاصه مقالات، ۱۸ مقاله کاملاً مرتبط با موضوع استخراج گردید.

**یافته‌ها:** مجموعه عوامل روش پخت، غلظت فلزات در آب پخت، دمای آب، نوع عنصر سنگین، ظرف پخت، وارسته برنج و حجم برنج خام عوامل اصلی مورد بحث در تغییر محتوای عناصر سنگین طی پخت برنج می‌باشند که در این مطالعه تاثیر آنها به تنهایی یا همراه با سایر عوامل مورد بحث قرار گرفت. روش پخت اگرچه یکی از مهمترین عوامل است اما اثر آن بسته به نوع عنصر متفاوت است. غلظت فلزات در آب مورد استفاده در پخت عامل مهمی در افزایش این عناصر در غذاهایی است که به فرم فرنی تهیه می‌شوند. اثر نوع ظرف در میزان غلظت فلزات سنگین باقی مانده در برنج جزئی است. با این حال، پخت در ظرف آلومینیوم باعث افزایش این عنصر در برنج شده است. تفاوت در وارسته برنج، حجم برنج خام مورد استفاده و میزان غلظت اولیه فلز سنگین در برنج خام نیز در شرایط یکسان پخت، اثر جزئی در میزان باقیمانده عناصر سنگین در برنج پخته شده دارند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه اثر نتایج برخی از مطالعات اخیر از حدود غلظت بالای برخی عناصر سنگین در انواع برنج موجود در بازار ایران و نتایج مطالعه حاضر از اثر عوامل پخت بر محتوای فلزات سنگین در برنج و با در نظر گرفتن روشهای خاص تهیه برنج در کشور و سهم قابل توجه برنج در رژیم غذایی جامعه، می‌توان گفت که در این زمینه خلاء اطلاعاتی قابل توجهی وجود دارد. انجام مطالعات در این رابطه در ارزیابی خطر دریافت فلزات سنگین از طریق مصرف برنج مستقیماً مورد استفاده خواهد بود.

**واژه‌های کلیدی:** برنج، فلزات سنگین، عوامل پخت

**ارجاع:** مورکیان رضا، رضایی الهه، آزادبخت لیلا، میرلوحی مریم. **عوامل پخت تاثیر گذار بر محتوای فلزات سنگین در برنج.** مجله

تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۲؛ ویژه نامه تغذیه: ۱۳۹۴-۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۲۲

۱. مرکز تحقیقات امنیت غذایی، گروه صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲. دانشیار، مرکز تحقیقات امنیت غذایی، گروه صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳. استادیار، مرکز تحقیقات امنیت غذایی، گروه صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: m\_mirlohi@hlth.mui.ac.ir

## مقدمه

در بسیاری از نقاط جهان برنج غذای اصلی و تامین کننده بخش عمده انرژی افراد است. بر اساس اطلاعات سازمان خوار و بار و کشاورزی جهانی، ۲۹/۳٪ انرژی و ۲۵/۳٪ پروتئین در کشورهای در حال توسعه از طریق برنج تامین می شود (۱). در ایران مصرف برنج ۲۸ کیلوگرم در سال به ازای هر شخص برآورد شده است (۲). آلودگی برنج با فلزات سنگین یکی از موارد محتمل آلودگی های محیطی است که طی آن تحت شرایط خاصی از قبیل آلودگی آب، خاک و نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و فاضلاب های مربوطه، عناصر سنگین به برنج منتقل شده و در آن تجمع پیدا می کنند لذا در سال های گذشته بررسی و تشخیص آلودگی برنج به فلزات سنگین موضوع بسیاری از مقالات علمی را به خود اختصاص داده است (۳، ۴، ۵، ۶). به خصوص حساسیت

بیشتر شامل کشورهایی می گردد که برنج یکی از محصولات اصلی کشاورزی آنها را تشکیل داده و صادرات برنج نقش مهمی در اقتصاد آنها داشته است. در این گروه، از کشورهای جنوب شرق آسیا گزارش هایی از آلودگی برنج تولیدی در این مناطق با حدود بیش از حد مجاز تعیین شده ارائه شده است (۳، ۴). در این مورد، شایع ترین موارد آلودگی برنج با آرسنیک، کادمیم و جیوه و سرب بوده است.

این عناصر نقشی در رشد و حیات انسان نداشته و دریافت آنها در مدت طولانی، تجمع در ارگانها (کبد، کلیه، خون و استخوان)، اختلال در عملکرد آنها، مسمومیت و عوارضی همچون سرطان زایی و ناقص الخلقه زایی را به دنبال دارد (۷). میزان دریافت قابل تحمل فلزات سنگین سمی در استاندارد ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی برای مواد غذایی مختلف و برنج تعیین شده است.

جدول ۱: حدود قابل تحمل هفتگی و روزانه فلزات سنگین برای انواع مواد غذایی و برنج در استاندارد ایران و قوانین سازمان بهداشت جهانی

نام فلز	حدود مجاز در مواد غذایی مختلف (میلی گرم بر کیلوگرم)	*حدود مجاز در برنج (میلی گرم بر کیلوگرم)	**PTWI (میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن)	*PTDI (میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن)
کادمیم	۰۰/۵-۱	۰/۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
سرب	۰/۱-۰/۳	۰/۱۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۳۶
آرسنیک	۰/۲-۴	۰/۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲۱

\* مقادیر بر اساس استاندارد ۱۲۹۶۸

\*\* مقادیر بر اساس دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت

<sup>a</sup>PTDI (Provisional Tolerable Daily Intake): میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی مخاطره

<sup>b</sup>PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake): میزان دریافت قابل تحمل هفتگی موقتی مخاطره

کشاورزی آلوده یکی از منابع اصلی آلودگی برنج به کادمیم شمرده شده است (۱۱، ۴-۱۴).

از آنجایی که در سال های اخیر واردات برنج های خارجی به خصوص برنج های آسیایی به ایران شدت گرفته نگرانی های فراوانی در خصوص آلوده بودن آنها به آرسنیک و سرب وجود داشته است به نحوی که موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۸۸ تعداد ۱۳ نوع برنج هندی وارداتی را از نظر آلودگی به آرسنیک و سرب چندین برابر حد مجاز اعلام

در برخی از گزارشات، نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و آلوده شدن آب و خاک به فاضلاب آنها، عامل تجمع فلزات سنگین و خصوصا سرب، کادمیم و آرسنیک شناخته شده است (۸-۱۰). در مطالعات صورت گرفته از محصولات عمل آمده در بنگلادش، مناطقی از هند، چین، ویتنام، اندونزی، آبیاری برنج با آب های 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، در این رابطه، کود

بررسی شد. سپس تاثیر عوامل گوناگون از نظر مقدار اولیه فلزات سنگین، مقدار برنج مورد پخت شده، نوع آب مصرفی و ظروف مورد استفاده جهت پخت بر روی محتوای فلزات سنگین در برنج پخته شده بررسی گردید.

### بحث

#### ۱) طبقه‌بندی انواع روش‌های پخت مورد استفاده در تهیه برنج در مطالعات.

با بررسی کلیه مطالعات، تمامی روش‌های مورد استفاده بر حسب شباهت روش و شرایط فراوری به چهار گروه ذیل طبقه‌بندی شدند. روش (الف): در این روش برنج ۵ تا ۶ مرتبه با آب شسته می‌شود تا آب ناشی از شستشو صاف و شفاف شود

سپس در حجم آبی معادل ۵ الی ۶ برابر وزن برنج خام می‌جوشد تا پخته شود و نهایتاً آب اضافه از برنج جوشیده جدا می‌شود (۷، ۱۷-۲۵). روش دوم (ب) میزان آب پخت نسبت به روش اول کمتر است به طوری که همانند روش اول شستشو تا شفاف شدن صورت گرفته ولی از ۲-۱/۵ برابر وزن برنج خام، آب برای پخت مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش مرحله دور ریختن آب حذف شده است (۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۴). می‌توان گفت که این روش تا حدودی روش تهیه برنج در برخی مناطق ایران (کته: اصطلاح کته کردن زمانی بکار برده شده است که برنج بدون آب دور ریز پخت شود و در پایان آب اضافه ندارد) را تداعی می‌کند. در روش سوم (ج) برنج بدون شستشو به روش (ب) با آب پخت می‌شود. در این روش نیز آب دور ریز نداشته و پس از پایان پخت برنج، آب اضافی کاملاً تبخیر می‌شود (۲۴، ۲۵). در روش چهارم (د) برنج بدون شستشو و با استفاده از آبی معادل ۲ برابر وزنش، پخت می‌شود و در نهایت با مقدار بیشتری آب، پخت کامل می‌شود (۱۸). روش اخیر تهیه انواع برنج به شکل فرنی (اصطلاح فرنی در ترجمه روش‌هایی از پخت برنج آورده شده است که آب زیادی در پخت استفاده شده و در پایان پخت، برنج مقداری آب اضافه داشته و حالتی مشابه سوپ دارد) را تداعی می‌کند.

نمود. از طرفی بررسی برخی از برنج‌های داخلی نیز نشان دهنده بالا بودن محتوای سرب یا کادمیم آنها بوده است (۱۶، ۱۵).

مطالعات نشان می‌دهند که میزان آلودگی با فلزات سنگین تحت تاثیر روش پخت و اجزا فرایند پخت برنج قرار می‌گیرد برخی از روش‌های پخت تا حدود زیادی محتوای فلزات سنگین را کاهش می‌دهند (۷، ۱۷-۲۴). با این حال اثر روش پخت بر این نوع آلودگی همواره یکسان نیست و در مطالعات، نوع وارینه برنج، محتوای اولیه فلز سنگین، نوع فلز سنگین و آلودگی آب پخت، نوع ظروف مورد استفاده جهت پخت و دمای آب به عنوان عوامل مداخل‌گر مورد بررسی قرار گرفته‌اند که بر تغییرات غلظت فلزات سنگین در برنج پخته شده تاثیرگذار هستند (۲۳، ۲۴).

از آنجایی که در ایران مصرف برنج قابل توجه است و به طور سنتی پخت برنج به روش‌های متفاوتی صورت می‌گیرد، در این مقاله مروری، هدف مرور مطالعاتی است که تا کنون در مورد اثر روش پخت و عوامل پخت مانند آب مصرفی و ظروف مورد استفاده بر محتوای فلزات سنگین در برنج صورت گرفته است.

### روش‌ها

برای دسترسی به منابع علمی مربوطه، از کلید واژه‌های "برنج"، "فلزات سنگین" و "روش پخت" (heavy metal, cooking method, rice) در موتور جستجوی Google Scholar و PubMed در پایگاه‌های معتبر اطلاعاتی شامل Science direct, Medline استفاده شد. با دسترسی به مقالات علمی منتشر شده در بانک‌های اطلاعاتی کلیه مقالات مربوط و منابع بررسی گردید. به این ترتیب ۵۱ مقاله از سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۲ فراهم گردید. با بررسی خلاصه مقالات، ۱۸ مقاله کاملاً مرتبط با موضوع استخراج شد.

### یافته‌ها

با بررسی اطلاعات به دست آمده انواع روش‌های پخت مورد استفاده در مطالعات آنها، اثر هر یک از روش‌ها در بخش دوم

در مناطق کاشت برنج خصوصا در آسیای جنوب شرقی اکثر مطالعات همواره تغییرات ارسنیک را مورد توجه قرار داده‌اند.

**۲) اثر روش‌های پخت برنج بر میزان فلزات سمی:**  
نتایج مطالعات انجام شده در رابطه با اثر روش پخت بر محتوای ارسنیک در جدول ۲ خلاصه شده است. قابل ذکر است که با توجه به اهمیت ارسنیک از نظر میزان و گستردگی

جدول ۲: اثر روش‌های مختلف پخت در میزان ارسنیک برنج پخته شده

منبع	محقق	کل میزان کاهش یافته	باقیمانده در برنج پخته شده (%)	اثر جوشاندن با آب اضافه* (%)	اثر شستشو با آب سرد* (%)	روش پخت	ردیف
۷	میهوچ و همکاران ۲۰۱۰	حدود ۵۰	حدود ۵۰	۳۰-۴۰ میانگین ۳۵	۱۰-۲۰ میانگین ۱۵		۱
۱۷	اسلام خان و همکاران ۲۰۱۰	۶۷	۳۳	۵۴	۱۳		۲
۲۰	چاکراواتی و همکاران ۲۰۰۳	۳۳/۴	۶۶/۶	-	**_		۳
<b>الف</b>							
۱۹	باء و همکاران ۲۰۰۲	۱۶-۴۳ میانگین ۲۹/۵	۵۷-۸۴ میانگین ۶۹	-	-		۴
۲۶	میهوچ و همکاران ۲۰۰۷	۳۷-۵۸ میانگین ۴۷	۴۲-۶۳ میانگین ۵۲	۲۶-۴۱ میانگین ۳۳	۸-۱۷ میانگین ۱۲/۵		۵
۲۵	سنگوپتا و همکاران ۲۰۰۶	۴۶	۵۴	۳۱	۲۳		۶
۱۷	اسلام خان و همکاران ۲۰۱۰	۱۵	۸۵	-	۱۵		۷
<b>ب</b>							
۲۰	چاکراواتی و همکاران	۷	۹۳/۳	-	۷		۸
۲۵	سنگوپتا و همکاران	۲۸	۷۲	-	۲۸		۹
<b>ج</b>							
۲۵	سنگوپتا و همکاران	۰	۱۰۰	-	-		۱۰
<b>د</b>							
۲۵	سنگوپتا و همکاران	۰	۱۰۷	-	-		۱۱

\* اطلاعات ارائه شده در ستون اول و دوم جدول درصد کاهش را نشان می‌دهند  
\*\* علامت خط فاصله نشان دهنده عدم ارائه اطلاعات در مقاله مربوط است

مطالعه خان و همکاران مشاهده شد که غلظت کادمیم طی پخت برنج تغییری نمی‌کند (۱۷). در مطالعه دیگری در این زمینه در سال ۲۰۱۰، میهوج و همکاران پس از پخت محدود، کاهش کادمیم را در حدود ۱۰ تا ۱۵٪ گزارش کردند (۷). در رابطه با سرب برخی مطالعات بیان داشته‌اند خاک و ریشه گیاهان از جمله برنج قادر به جذب و تثبیت سرب هستند به این ترتیب میزان کمی سرب از طریق آب و خاک به دانه برنج منتقل می‌شود و عموماً آلودگی سرب در محصولات نزدیک جاده‌ها و کارخانجات صنعتی آلاینده و به شکل آلودگی محیطی گزارش شده است (۲۷). با وجودی که گزارش‌هایی از آلودگی انواع برنج به سرب در منابع وجود دارد اما اثر روش‌های پخت بر میزان سرب برنج بررسی نشده است. با این حال از آنجایی که بر اساس منابع جذب سرب در برنج در مقایسه با آرسنیک بیشتر به صورت سطحی می‌باشد، شاید بتوان انتظار داشت که در صد کاهش سرب طی روش‌های از پخت که شستشوی مکرر همراه با آبکش کردن را شامل می‌شوند، حتی بیشتر از آرسنیک باشد.

### ۳) اثر روش پخت بر عناصر غیر سمی یا ضروری

لایه سطحی دانه برنج غنی‌ترین بخش آن از نظر وجود عناصر فلزی ضروری است. میهوج و همکاران در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰ با استفاده از اشعه میکرو ایکس نشان دادند منطقه‌ای به ضخامت ۸۰ میکرومتر روی سطح دانه برنج غنی از عناصر فلزی ضروری است به همین علت می‌توان انتظار داشت که غلظت این عناصر نیز تحت تاثیر شستشو و پخت قرار گیرد (۷). در رابطه با تاثیر روش پخت بر سایر فلزات نیز مطالعاتی انجام شده است (۲۶، ۷). در این زمینه گزارش شده است که مراحل شستشو و پخت نسبت به فلزات سنگین و سمی تاثیر کمتری بر روی فلزات دو ظرفیتی همچون روی، منگنز و مس به جا می‌گذارند. در تحقیق صورت گرفته توسط میهوج و همکارانش، مشخص شد که عناصر روی، منگنز و مس با فرایند شست و شو و پخت حدود ۱۰ تا ۳۳٪ کاهش پیدا می‌کنند. در حالی که در مطالعه آنها و در شرایط مشابه، آرسنیک، تیتانیوم، نیکل و کادمیم به ترتیب ۹۰، ۵۰-۶۰ و ۶۶-

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، کاربرد روش الف به طور میانگین حدود ۴۵٪ از غلظت آرسنیک را در برنج پخته و خشک شده کاهش داده است. در این میان سهم شستشو در مطالعات مختلف بین ۸ تا ۲۳٪ و سهم آب دور ریز بعد از جوشاندن ۲۶ تا ۵۴٪ کاهش در میزان آرسنیک برنج پخته شده گزارش شده است در حالی که کاهش آرسنیک در روش ب تنها طی شستشو صورت گرفته است. می‌توان گفت که دو روش آخر تقریباً تاثیری در کاهش میزان آرسنیک نداشته‌اند. نکته قابل توجه، در مطالعات فوق این است که از ۴ روش مورد بررسی در این مطالعات، شستشوی اولیه در روش اول الف و ب و جدا شدن آب پخت را تنها در روش اول مورد توجه قرار داده‌اند در مقابل دو روش بعدی هر دوی این مراحل حذف شده است. در صورتی که روش رایج شستشو و پخت بدون دور ریختن آب که در ایران بیشتر استفاده می‌شود در نظر گرفته نشده است. با این حال از اعداد ذکر شده در جدول می‌توان انتظار داشت که در این روش بسته به تعداد دفعات شستشو حدود ۷ تا ۲۸٪ کاهش در میزان آرسنیک حاصل شود.

باید توجه داشت که در مطالعات فوق، غلظت آرسنیک در فراورده پخته شده در رطوبتی معادل رطوبت برنج خام (۱۴٪) محاسبه شده است به این صورت که برنج‌های پخت شده نیز پس از آبکشی در مقابل نور خورشید تا رطوبت معمولی برنج خشک و سپس آسیاب شده و غلظت فلزات سنگین در واحد وزن آنها محاسبه شده است. به این ترتیب غلظت آرسنیک در فراورده پخته شده که توسط مصرف کنندگان مصرف می‌گردد از آنچه در جدول به عنوان غلظت آرسنیک در فراورده پخته شده ذکر شده است، متفاوت می‌باشد.

بر خلاف نتایج گزارش شده از کاهش آرسنیک در پخت برنج، در مورد تغییرات کادمیم گزارش شده است که فرایند آماده‌سازی و پخت اثر کمی در کاهش غلظت کادمیم بجا می‌گذارد. حتی کاربرد روش‌هایی مانند روش الف که طی آن از مقدار زیادی آب برای شست و شو استفاده می‌شود، اثر ناچیزی در کاهش کادمیم دارد. در برخی از مطالعات مانند

نهایی تفاوت‌هایی وجود دارد. به خصوص در مورد تیتانیوم مشاهده شد که در برنج سفید چینی این عنصر ۳۰٪ نسبت به برنج سفید مجارستانی بیشتر حفظ می‌شود. در این مطالعه مشاهده شد که نسبت کاهش فلزات سنگین در دو نوع برنج با کاربرد آب سرد و آب داغ برای استخراج فلزات در شرایط کاملاً مشابه تاحدودی متفاوت است (۷). در برنج سفید مجارستانی با کاربرد آب سرد تیتانیوم و نیکل به ترتیب ۵۰ و ۴۰٪ و آرسنیک و کادمیم ۲۰ و ۱۰٪ استخراج شدند. این اعداد در مورد برنج سفید چینی ۸۰٪ در مورد تیتانیوم ولی در مورد سایر فلزات کمتر از ۳۰٪ گزارش شد. کادمیم در این شرایط در برنج سفید چینی تقریباً کاهشی نشان نداد. این محققان نشان دادند که با کاربرد آب گرم نسبت استخراج در هر دو واریته به هم نزدیک می‌شود، تفاوت اصلی در این شرایط افزایش دو برابری استخراج کادمیم در برنج چینی نسبت به برنج مجارستانی بود (۷). در برخی از مطالعات اثر تفاوت در واریته به شکل تفاوت نمونه‌های آزمایش، از نظر محتوای فلزات سنگین نگاه شده است. در مطالعه سنگوپتا و همکاران برنج‌هایی که حاصل کشت در مناطق آلوده‌تر بودند با انواعی از برنج با درجه آلودگی کمتر از حیث تفاوت در میزان فلزات سنگین پس از پخت بررسی شدند. آنها سه نمونه برنج با محتوای آرسنیک ۲۰۳، ۴۴۰ و ۵۴۰ میکروگرم در کیلوگرم را با روش پخت الف فراوری کردند و در هر سه نوع برنج حدود ۴۳٪ از کل آرسنیک اولیه در برنج پخته شده نهایی باقیمانده بود (۲۵). از نتیجه مطالعه اخیر می‌توان دریافت که درصد کاهش آرسنیک طی پخت با میزان آن در برنج خام ارتباط معناداری ندارد.

#### ۵) تاثیرمقدار برنج پخت شده در باقیمانده فلزات سنگین:

از آنجایی که فلزات سنگین در طول شستشو و پخت با آب اضافه طی فرایند انتشار استخراج می‌شوند، حجم برنج مصرفی در پخت به عنوان عاملی که این فرایند را تحت تاثیر قرار دهد در برخی از مطالعات بررسی شده است. در مطالعه سنگوپتا و همکاران تاثیر اوزان مختلف برنج در میزان کاهش

۴۵ و ۱۵-۱۰٪ کاهش نشان داد. در مورد حساسیت کمتر فلزات ضروری برای استخراج به فاز آبی طی فرایندهای شستشو و پخت، ذکر شده است که اسید فیتیک به عنوان یک مهارکننده قوی برای این دسته از فلزات عمل کرده و میزان استخراج آن‌ها را کاهش می‌دهد (۷). با این حال، در مطالعات فوق در مورد علت عدم تاثیر اسید فیتیک بر روی فلزات سمی به عنوان مهارکننده اشاره‌ای نشده است.

#### ۴) گونه‌های متفاوت برنج و اثر واریته بر محتوای فلزات سنگین در برنج پخته شده:

در مطالعات بررسی اثر پخت بر کاهش فلزات سنگین به مقوله گونه برنج از جهات مختلف پرداخته شده است. در برخی از مطالعات تفاوت در واریته به معنی متفاوت بودن از حیث محتوای فلز سنگین بوده و در برخی اثر تفاوت در تیره گیاهی بر تغییرات غلظت فلزات سنگین طی پخت بررسی شده است. در رابطه با جذب آرسنیک در مزرعه توسط رستنی برنج عزیزور و همکاران طی پژوهشی مشاهده کردند در شرایط یکسان از نظر خاک، آب و کليه شرایط کاشت دو گونه برنج BRR1 hybrid dhan1 و BRR2 dhan28 تفاوت کمی از نظر محتوای آرسنیک داشتند. اما تفاوت در آلودگی محیط کشت باعث شد تا در برنج‌های کاشته شده در منطقه غیر آلوده به ترتیب ۰/۲۴ و ۰/۲۱ و در برنج‌های کشت شده در مناطق آلوده ۰/۶۹ و ۰/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم آرسنیک تجمع یابد. با این حال، طی پخت به روش الف در هر دو نوع برنج به نسبت تقریباً یکسانی کاهش آرسنیک مشاهده شد و در مقابل کاربرد روش‌های پخت بود موجب شد تا در هر دو نوع برنج میزان آرسنیک افزایش یابد (۲۹).

در مطالعه میهوج و همکاران دو نوع واریته متفاوت برنج شامل سفید چینی (Risabell) و سفید مجارستانی (Zenshan97) برای کاهش میزان فلزات سنگین در طول پخت مورد بررسی قرار گرفتند و مشاهده شد که پس از پخت در هر دو واریته روند تغییرات نهایی در مورد آرسنیک و کادمیم و برخی از عناصر ضروری یکسان است ولی از نظر میزان حفظ عناصری مانند نیکل و تیتانیوم در دو محصول

صورت فرنی (د) باعث افزایش قابل ملاحظه (۰/۵۷/۱۸) آرسنیک نسبت به برنج خام می‌گردد. بالاتر بودن آلودگی آب مورد استفاده برای پخت به آرسنیک و تبخیر آب و جذب آرسنیک توسط برنج پخته شده نیز آلودگی آن را به شدت افزایش داده است (۱۸).

اثر میزان آب مصرف شده در پخت برنج بر کاهش محتوای آرسنیک می‌توان به شکل زیر نشان داد.

فرنی > پخت با آب محدود (بدون شستشو) > برنج خام > پخت با آب محدود (بعد از شستشو) > پخت برنج با آب فراوان سنگوپتا و همکارانش مشخص کردند با افزایش غلظت آرسنیک در آب مصرفی جهت پخت به همان نسبت باقیمانده آرسنیک در برنج پخته شده نیز افزایش می‌یابد لذا بین این دو ارتباط مستقیمی گزارش کردند (۲۵). در مطالعات مربوط به منطقه آسیای شرقی غلظت ۰/۰۴ میلی گرم در لیتر آرسنیک را در آب میزان کمی کم تلقی کرده و اثر آن را در افزایش غلظت نهایی آرسنیک در برنج جزئی معرفی کرده‌اند. این مطالعات غلظت آرسنیک در آب برخی مناطق آلوده را ۰/۱۳ میلی‌گرم در لیتر گزارش نمودند. WHO ۱۹۹۳ و استاندارد ایران مقدار مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی را ۰/۰۱ و نیز حد مجاز کادمیوم را ۰/۰۰۳ میلی‌گرم در لیتر بیان کرده است (۲۹).

#### ۷) تأثیر ظروف پخت:

در برخی از پژوهش‌های صورت گرفته بر اثر عوامل پخت بر غلظت فلزات سنگین در برنج، نقش نوع ظروف فراوری از نظر دور نمانده است. در بررسی سنگوپتا اثر کاربرد ظروف آلومینیوم، استیل، شیشه و سفالی در پخت یک نوع برنج، بر محتوای آرسنیک آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از ظروف فوق تفاوت نسبی بر میزان غلظت آرسنیک در برنج نهایی دارد. با این حال، تغییرات مشاهده در مطالعه آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (۲۵). در مطالعه دیگری در این زمینه که اثر نوع ظروف بر محتوای آلومینیوم در برنج را بررسی کرده است، دابون و همکاران نشان دادند که پخت برنج در ظروف آلومینیومی بدون روکش

آرسنیک زمانی که همه نمونه‌ها باروش پخت الف فرایند شده بودند، بررسی شد و مشخص شد که مقدار برنج مصرفی تاثیری در درصد کاهش یا افزایش آرسنیک نداشته است (۲۵).

#### ۶) تأثیر آب مصرفی هنگام پخت در باقیمانده فلزات سنگین:

در بررسی روش‌های مختلف پخت اشاره شد که افزایش میزان آب مصرفی در مراحل شستشو و پخت برنج، با افزایش درصد استخراج در کاهش غلظت نهایی فلزات سنگین موثر است (۲۵). دانه برنج در طی پخت به میزان ۲ الی ۳ برابر از وزن اولیه متورم می‌شود و جذب قابل توجه آب در دانه برنج شرایط تغلیظ برخی از ناخالصی‌های آب را در آن ایجاد می‌کند. در بسیاری از نقاط جهان آب آشامیدنی و آب مورد استفاده در آماده سازی غذا، حاوی مقدار کمی از فلزات سنگین است. جذب چنین ناخالصی‌هایی در دانه برنج چالشی از نظر افزایش غلظت فلزات سنگین در برنج بوده است و در این رابطه برخی از محققان اثر استفاده از آب‌هایی را که خود حاوی غلظت بالایی از فلزات سنگین هستند را در تغییر محتوای فلزات سنگین در برنج بررسی کرده‌اند. این مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از آب آلوده برای پخت حتی با استفاده از روش‌هایی که حجم زیادی از آب در شستشو و پخت استفاده و سپس دور ریخته می‌شود، به دلیل جذب آب، افزایش غلظت مواد آلاینده در برنج را به دنبال داشته است. به این ترتیب اثر قابل توجه چنین روش‌هایی در کاهش فلزات سنگین در شرایطی که آب آلوده باشد کم رنگ می‌گردد. به همین ترتیب، در صورت اتخاذ روش‌هایی که در آنها آب کمتری استفاده می‌شود و آب از محتویات پخت جدا نمی‌شود مثل روش ج و د حتی غلظت این فلزات در برنج پخته شده نسبت به برنج خام افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند (۲۴، ۱۹). در این رابطه رحمان عزیزور و همکاران نشان دادند که در پخت به روش الف حدود ۶/۵٪ از آرسنیک در برنج پخته شده نسبت به برنج خام کاهش می‌یابد در حالی که استفاده از روش‌های پخت با آب محدود (ب و ج) و نیز به





مفید را حذف می‌کند اما طی عملیات شستشو و پخت با آب اضافه بیش از نیمی از محتوی آرسنیک موجود از برج خارج می‌شود. ظروف پخت و مقدار برنج مصرفی در محتوی آرسنیک برنج پخته شده تاثیری نداشته است اگرچه ظروف آلومینیمی از این قاعده مستثنی بوده است. از آنجایی که آلودگی برنج با سرب از عوامل محیطی عموماً طی جذب سطحی صورت می‌گیرد، احتمالاً شستشو و فرایند پخت با آب اضافه و دور ریختن آب بعد از جوشاندن به شرط آلوده نبودن آب بتواند منجر به حذف بخش اعظم سرب شود. با این وجود، در خصوص خروج سرب از برنج در اثر پخت بررسی خاصی صورت نگرفته است.

### پیشنهادها

با توجه به تفاوت‌های موجود در روش‌های پخت برنج در جامعه ایرانی و با در نظر گرفتن سهم قابل توجه برنج در رژیم غذایی جامعه ما انجام مطالعات آزمایشگاهی در زمینه نقش روش‌های مختلف پخت رایج در خانواده‌ها بر تغییرات غلظت عناصر سنگین در غذای سفره می‌تواند خلا اطلاعاتی موجود در این زمینه را جابگو باشد. علاوه بر این، نتایج چنین مطالعاتی در ارزیابی خطر دریافت فلزات سنگین از طریق مصرف برنج مستقیماً مورد استفاده خواهد بود. در این رابطه، با توجه به نتایج برخی مطالعات اخیر از حدود غلظت بالای سرب در انواع برنج موجود در بازار ایران، بررسی تاثیر روش‌های پخت بر محتوی سرب دانه‌های برنج از حساسیت بیشتری برخوردار است.

در جدول ۳، سه نمونه برنج با محتوی آرسنیک متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. در ستون III مقدار کل آرسنیک برنج خام از تاثیر ضرب محتوی آرسنیک برنج خام در وزن برنج، محاسبه و ثبت شده است. عدد به دست آمده در ستون III با حاصل جمع مقدار آرسنیک در آب شستشو (VI)، برنج پخته شده (IX) و آب دور ریز بعد از شستشو (XII) مقایسه شده است. در صورتی که تفاوت مقادیر به دست آمده کم باشد میزان خطا کم و صحت نتایج آزمایشات تا حدودی مشخص می‌شود. در نمونه جدول ۳ بین این دو مقدار از ۸۸/۹ تا ۹۰/۱٪ مطابقت وجود داشته که نشان دهنده وضعیت مطلوب آزمایشات بوده است.

### نتیجه‌گیری

باقیمانده فلزات سنگین در برنج پخته شده تحت تاثیر روش و شرایط پخت قرار می‌گیرد. روش‌هایی که در آنها برای آماده‌سازی و پخت برنج، آب زیادی استفاده شده و آب پخت دور ریخته می‌شود بیشترین اثر را بر کاهش میزان فلزات دارند، با این حال این اثر در مورد انواع فلز سمی یکسان نیست و کادمیم با وجود کاربرد چنین روش‌هایی در برنج پخته شده کاهش پیدا نمی‌کند. علاوه بر این، عناصر ضروری با شدت کمتری تحت تاثیر روش پخت قرار می‌گیرند. روش‌های پخت که شستشو و دورریز آب در آنها اعمال می‌شود در صورتی که آب مورد استفاده آلوده به فلزات سنگین مانند آرسنیک باشد (۰/۱۳ میلی گرم در لیتر) اثر قابل توجهی در کاهش محتوی آرسنیک برنج نداشته و پخت با آب محدود (کته کردن) با چنین آب‌هایی موجب افزایش غلظت آنها در برنج نهایی پخته شده خواهد شد. در مقابل استفاده از آب با درصد پایین آلودگی اگر چه تا حدودی املاح

### References

1. Rice in human nutrition. Available from: <http://www.fao.org/docrep/t0567e/T0567E04.htm>.
2. International Rice Commission Newsletter.; Available from: [www.fao.org/docrep/003/w8595t/w8595t05.htm](http://www.fao.org/docrep/003/w8595t/w8595t05.htm).
3. Meharg AA. Arsenic in rice – understanding a new disaster for South-East Asia. Trends Plant Sci 2004; 9(9):415-7.
4. Meharg AA, Rahman MM. Arsenic contamination of Bangladesh paddy field soils: implications for rice contribution to arsenic consumption. Environ Sci Technol 2003; 37(2):229-34.

5. Maleki A, Zazoli MA, Shokrzadeh M. Investigation of cadmium content in Iranian rice (*Oryza Sativa*). *J Appl Sci Environ Manage* 2009;11(1):101-5.
6. Chamannejadian A, Moezzi AA, Sayyad GA, Jahangiri A, Jafarnejadi A. Spatial Distribution of Lead in Calcareous Soils and Rice Seeds of Khuzestan, Iran, *Malayzian J Soil Sci* 2011;15:115-25.
7. Mihucz VG, Silversmit G, Szalóki I, Samber Bd, Schoonjans T, Tatár E, et al. Removal of some elements from washed and cooked rice studied by inductively coupled plasma mass spectrometry and synchrotron based confocal micro-X-ray fluorescence, *Food Chem* 2010;121(1):290-7.
8. Louie PKK, Liu WK, Bi XH, Fu JM, Wong MH, Deng WJ. Atmospheric levels and cytotoxicity of {PAHs} and heavy metals in {TSP} and {PM2.5} at an electronic waste recycling site in southeast China, *Atmos Environ* 2006;40:6945-55.
9. Leung A, Cai Z, Wong M. Environmental contamination from electronic waste recycling at Guiyu, southeast China, *Journal of Materi Cycles & Waste Manage* 2006;8:21-33.
10. Abedin MJ, Cotter-Howells J, Meharg A. Arsenic uptake and accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) irrigated with contaminated water, *Plant Soil* 2002/03/01;240(2):311-9.
11. Tarit Roy C, Gautam Kumar B, Badal Kumar M, Bhajan Kumar B, Gautam S, Uttam Kumar C, et al. Arsenic poisoning in the Ganges delta. *Nature* 1999;401(6753):545-6.
12. Rahman MM, Sengupta MK, Ahamed S, Chowdhury UK, Lodh D, Hossain A, et al. Arsenic contamination of groundwater and its health impact on residents in a village in West Bengal, India. *Bull WHO* 2005; 83(1):49-57.
13. Roychowdhury T, Tokunaga H, Uchino T, Ando M. Effect of arsenic-contaminated irrigation water on agricultural land soil and plants in West Bengal, India. *Chemosphere* 2005;58(6):799-810.
14. Polizzotto ML, Kocar BD, Benner SG, Sampson M, Fendorf S. Near-surface wetland sediments as a source of arsenic release to ground water in Asia. *Nature* 2008;454(7203):505-8.
15. Bakhtiarian A, Gholipour M, Ghazi-Khansari M. Lead and Cadmium Content of Korbali Rice in Northern Iran. *Iran J Public Health* 2001; 30(3-4):129-32.
16. Hosseini A, Behfar A, Khorasgani ZN, Ebrahimi R. Determination of heavy metals levels in imported rice at markets of Ahvaz city, *Toxicol Lett* 2010;196:0
17. Khan SI, Ahmed AK, Yunus M, Rahman M, Hore SK, Vahter M, et al. Arsenic and cadmium in food-chain in Bangladesh--an exploratory study. *J Health Popul Nutr* 2010;28(6):578-84.
18. Azizur Rahman M, Hasegawa H, Rahman MA, Rahman MM, Miah MAM. Influence of cooking method on arsenic retention in cooked rice related to dietary exposure. *Sci of The Total Environ* 2006; 370(1):51-60.
19. Bae M, Watanabe C, Inaoka T, Sekiyama M, Sudo N, Bokul MH, et al. Arsenic in cooked rice in Bangladesh. *Lancet* 2002;360(9348):1839-40.
20. Chakravarty I, Sinha RK, Ghosh K. Arsenic in food chain—studies on both raw and cooked food. In: Ahmed MF, editor. *Arsenic contamination: Bangladesh perspective*. Dhaka: ITN-Bangladesh, Bangladesh University of Engineering and Technology; 2003: 227-40.
21. Huq SM, Joardar JC, Parvin S, Correll R, Naidu R. Arsenic contamination in food-chain: transfer of arsenic into food materials through groundwater irrigation, *J Health Popul Nutr* 2006;24(3):305-16.
22. Huq SM, Naidu R. Arsenic in groundwater of Bangladesh: contamination in the food chain. In: Ahmed MF, editor. *Arsenic contamination: Bangladesh perspective*. Dhaka, Bangladesh: ITN-Bangladesh Centre for Water Supply and Waste Manage, BUET; 2003: 203-26.
23. Ackerman AH, Creed PA, Parks AN, Fricke MW, Schwegel CA, Creed JT, et al. Comparison of a chemical and enzymatic extraction of arsenic from rice and an assessment of the arsenic absorption from contaminated water by cooked rice, *Environ Sci Technol* 2005;39(14):5241-6.
24. Roychowdhury T, Uchino T, Tokunaga H, Ando M. Survey of arsenic in food composites from an arsenic-affected area of West Bengal, India, *Food Chem Toxicol* 2002;40(11):1611-21.

25. Sengupta MK, Hossain MA, Mukherjee A, Ahamed S, Das B, Nayak B, et al. Arsenic burden of cooked rice: Traditional and modern methods, Food Chem Toxicol 2006;44(11):1823-9.
26. Mihucz VG, Tatár E, Virág I, Zang C, Jao Y, Záray G. Arsenic removal from rice by washing and cooking with water. Food Chem 2007;105(4):1718-25..
27. Zueng ZS. Cadmium and lead contamination of soils, rice plants, and surface water in Northern Taiwan. Soil and Fert in Taiwan 1989: 39-47.
28. Dabonne S, Koffi BPK, Kouadio EJP, Koffi AG, Due EA, Kouame LP. Traditional Utensils: Potential Sources of Poisoning by Heavy Metals. Brit J Pharmacol Toxicol 2010;1(2):90-92.
29. Azizur Rahman M, Hasegawa H, Mahfuzur Rahman M, Mazid Miah M, Tasmin A. Arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa* L.): Human exposure through food chain. Ecotox Environ Safe 2008;69(2):317-24.

## Cooking elements affecting on heavy metal concentration in rice

Reza Morekian<sup>1</sup>, Elaheh Rezaee<sup>1</sup>, Leila Azadbakht<sup>2</sup>, Maryam Mirlohi<sup>3</sup>

### Original Article

#### Abstract

In recent years, heavy metal contamination of rice in different parts of the world has raised concerns about its safety and provoked crisis in its global production and trade. In Iran, also some studies have reported on the heavy metal contamination of native products. However, the concentration of heavy metals in rice grain could be influenced through preparation and cooking. This study aimed to review the related literature in order to categorize the most important studied elements in cooking which has impact on its heavy metal concentration. The scientific databases were searched and 51 relative articles were obtained from 1994 to 2012 from which 18 scientific papers were chosen and reviewed. Result of review literature revealed that cooking method, heavy metal concentration in cooking water, temperature of cooking water, type of heavy metal, type of cooking utensil, rice variety and the volume ratio of rice to water were regarded as the influential factors which were discussed for their individual or combined effects. Cooking method seems to have the greatest impact, however its effect seems to be dependent on the type of contaminant element. Using the cooking methods which cooking water is not removed during the cooking, heavy metal concentration of cooking water effectively increases the concentration of the cooked rice. With the exception of a few evidence on the aluminum transmission into the cooked rice, difference in cooking utensil, do not have impressive effect. Rice variety, the volume of raw rice as well as the primary concentration of heavy metals in raw rice, all have minor effects on the heavy metal content of cooked rice.

**Keywords:** Rice, heavy metals, cooking elements

**Citation:** Morekian R, Rezaee E, Azadbakht L, Mirlohi M. **Cooking elements affecting on heavy metal concentration in rice.** J Health Syst Res 2013; Nutrition supplement:

**Received date:** 19/08/2013

**Accept date:** 14/10/2013

1. MSc Student, Food Security Research Center, School of nutrition and Food Science, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran

2. Associate Professor, Food Security Research Center, Department of Community Nutrition School of nutrition and Food Science, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran

3. Assistant Professor Food Security Research Center, Department of Food Technology, School of nutrition and Food Science, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran (Corresponding Author ) Email: m\_mirlohi@hlth.mui.ac.ir