علمی پژوهشی

اثر خیساندن و پخت در حضور عوامل چنگالی‌کننده (سیترات و تارتارات پتاسیم) بر کاهش کادمیوم برخی ارقام برنج وارداتی

عاطفه سادات هاشمی گرم دره[1]، محمد گلی[2*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد 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

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۲۳)

چکیده

برنج یکی از غلات با مصرف گسترده در رژیم غذایی مردم جهان است. امروزه آلودگی برنج به فلزات سنگین یکی از مشکلات پیش روی بشر است. از این رو، هدف از این مطالعه بررسی اثر خیساندن و پخت در حضور کلاته کننده‌های با درجه غذایی یعنی تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم بر میزان کاهش کادمیوم سه نوع برنج وارداتی (هند، تایلند و آمریکا) است. اندازه‌گیری با جذب اتمی با سه تکرار صورت گرفت تفاوت میانگین‌ها در سطح ۵٪ به روش دانکن صورت گرفت. میزان کادمیوم برنج‌های وارداتی از بیشترین به کمترین مقدار، مربوط به برنج‌های آمریکایی، تایلند و هندی است که به ترتیب: ۸۶/۲۳، ۸۵/۹۳ و ۸۰/۰۷ پی‌پی‌بی بود. تیمار خیساندن با عوامل چنگالی‌کننده و پخت با آب معمولی در مقایسه با خیساندن با آب معمولی و پخت با عوامل چنگالی‌کننده اختلاف معنی‌داری در حذف کادمیوم نداشت($p>۰/۰۵$)، اما استفاده همزمان از عوامل چنگالی‌کننده در آب خیساندن و پخت دارای اثر معنی‌داری در حذف کادمیوم بود($p<۰/۰۵$). خیساندن و پخت برنج با عوامل چنگالی‌کننده، کادمیوم را به میزان بیش از ۹۳ درصد کاهش داد(۹۷/۵۸ درصد برای تارتارات پتاسیم در برنج تایلندی و ۹۳/۴۶ درصد برای سیترات پتاسیم در برنج هندی). تارتارات در مقایسه با سیترات اثر بیشتری در حذف این فلز سنگین داشت($p<۰/۰۵$). ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها وجود ندارد($p>۰/۰۵$).

کلید واژگان: برنج، کادمیوم، خیساندن و پختن، عوامل چنگالی‌کننده، تارتارات و سیترات پتاسیم

* مسئول مکاتبات: mgolifood@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

۱- مقدمه

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های زیست محیطی هستند که مواجه شدن انسان با بعضی از آنان از طریق آب و مواد غذایی می‌تواند مسمومیت‌های حاد، مزمن و خطرناکی را ایجاد کنند [۱]. آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین یکی از مهمترین تنش‌های محیطی برای گیاهان است و این فلزات می‌توانند از طریق زنجیره غذایی، زندگی بشر را به مخاطره بیاندازند. برنج یکی از پرمصرف‌ترین غلات در جهان است و به طور گسترده در رژیم غذایی مردم وجود دارد. امروزه آلودگی برنج به فلزات سنگین یکی از مشکلات پیش روی بشر است[۲]. مسمومیت با فلزات سنگین می‌توانند منجر به عوارضی مانند اختلالات عصبی، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، سقط جنین، اختلال تنفسی و قلبی-عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها، مغز، آلرژی، بی‌اشتهایی، پیری زودرس، کاهش حافظه، ریزش مو، پوکی استخوان، بی‌خوابی، تضعیف سیستم ایمنی بدن، کم خونی، تخریب ژن‌ها و حتی مرگ شود. پژوهش‌های بی‌شماری انجام شده که اثرات رویکردهای پردازش معمولی غذا را بر سطوح فلزات سنگین در غذا، بررسی می‌کند. مشخص شده که فرایند پخت ممکن است تحت شرایط مشخص، غلظت یا میزان آلوده‌کننده‌ها را در بافت‌های غذایی هم‌چون غذاهای دریایی[۳]، سبزیجات[٤]، برنج[۵] تغییر دهد. هم‌چنین، میزان آلودگی با فلزات سنگین تحت تأثیر روش پخت و اجزای فرآیند پخت برنج قرار می‌گیرد. برخی از روش‌های پخت تا حدود زیادی می‌توانند محتوی فلزات سنگین را کاهش دهند [٦]. نتایج تحقیقی نشان داد که میانگین غلظت کادمیوم، سرب و آرسنیک در ۱۰ نمونه برنج وارداتی پر مصرف در تبریز به ترتیب ۰/۱۰۹، ۰/۲۹۰ و ۰/۰۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر مبنای وزن خشک گزارش شد[۷]. ناصری و همکاران[1] (۲۰۱٤) اثر روش‌های پخت (کته و آبکشی) بر غلظت چند فلز سنگین (کادمیوم، سرب، کروم، نیکل و کبالت) در برنج‌های وارداتی را بررسی کردند[۵]. نتایج نشان داد که میزان کاهش فلزات، پس از پخت برای تمام فلزات یکسان نیست($Co > Ni > Cd > Pb > Cr$). یانگ و همکاران[2] (۲۰۱٦) به بررسی حذف سرب و کادمیوم روغن دانه‌های گیاهی و کنجاله آن‌ها و روش استخراج پرداختند[۸]. تاراتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم به طور مؤثری میزان فلزات سنگین را در کنجاله دانه‌های روغنی کاهش داد. ژائونگ و همکاران[3] در سال ۲۰۱٦، 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 [۹]. با توجه به آلوده بودن برنج‌های وارداتی به سرب و کادمیوم و خطراتی که این عناصر بر سلامت مصرف کننده‌ها دارند. اگرچه تاکنون راهکارهایی انجام شده و تا حدودی فلزات سنگین را کاهش می‌دهند؛ اما بیشتر روش‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. از این رو، هدف از این پژوهش تعیین غلظت کادمیوم در برخی از ارقام برنج خارجی و حذف این عناصر توسط عوامل چنگالی‌کننده (تارتارات و سیترات پتاسیم) در مرحله خیساندن و پخت برنج است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

از بین برنج‌های وارداتی، سه نوع برنج وارداتی از کشورهای هند، آمریکا و تایلند از وزارت جهاد کشاورزی تهیه شد. اسید نیتریک، اسید کلریدریک، تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

آماده سازی نمونه‌ها

الف) نمونه شاهد (B): سه نوع برنج وارداتی هندی، تایلندی، آمریکایی بدون هیچ فرایندی(خیساندن و پخت) به صورت خام مورد آزمون قرار گرفت.

ب) خیساندن وپخت در آب بدون حضور ترکیبات چنگالی‌کننده(SC-B): ۱۰۰ گرم از هر نوع برنج به طور جداگانه در ۲۰۰ سی‌سی آب معمولی به مدت ۳ ساعت خیسانده و سپس در آب جوش معمولی به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه پخت صورت گرفت.

ج) خیساندن در حضور ۲۰۰ ppm تارتارات پتاسیم (S-Tar) و سیترات پتاسیم (S-Cit) و پخت در آب معمولی: ۱۰۰ گرم از هر نوع برنج به طور جداگانه در ۲۰۰ سی‌سی محلول نمکی سیترات و تارتارات به مدت ۳ ساعت خیسانده شدند و سپس در آب معمولی به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه پخت صورت گرفت.

د) خیساندن در آب معمولی و پخت در حضور ۲۰۰ ppm تارتارات پتاسیم (C-Tar) و سیترات پتاسیم (C-Cit): ۱۰۰ گرم از هر نوع برنج به طور جداگانه ابتدا در۲۰۰ سی‌سی آب معمولی به مدت ۳ ساعت خیسانده و سپس در ۲۰۰ سی‌سی محلول نمکی سیترات و تارتارات به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه پخته

1. Naseri et al.
2. Yang et al.
3. Zhuang

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

شد.

ه) خیساندن و جوشاندن در حضور ppm ۲۰۰ تارتارات پتاسیم (SC-Tar) و سیترات پتاسیم (SC-Cit): ۱۰۰ گرم از هر نوع برنج به طور جداگانه ابتدا در۲۰۰ سی‌سی محلول نمکی سیترات و تارتارات به مدت ۳ ساعت خیسانده و سپس در ۲۰۰ سی‌سی محلول نمکی سیترات و تارتارات به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه پخته شد.

۲-۲- اندازه گیری رطوبت

رطوبت نمونه‌ها طبق روش استاندارد و به روش آون گذاری اندازه گیری شد [۱۰].

۲-۳- اندازه گیری فلزات سنگین به روش جذب اتمی

ابتدا ۲ گرم نمونه آسیاب شده در بوته چینی توزین گردید. سپس نمونه روی شعله سوزانده شده و بوته‌ها به کوره با دمای ٤٥٠ درجه سانتیگراد منتقل شدند. بوته‌ها بعد از سرد شدن به منظور محلول سازی به زیر هود منتقل شد. ۲۰ سی سی اسید کلریدیک ٦ مولار را به بوته اضافه شد و روی هیتر با دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده تا میزان اسید در بوته به کمتر از ۳ سی سی برسد. ۱۰ سی سی اسید نیتریک ۰/۱ مولار به بوته اضافه و مجدداً ۲ دقیقه روی هیتر حرارت داده شد. در نهایت محتوای بوته چینی توسط کاغذ صافی در یک بالن ۵۰ سی سی صاف شد و با آب دیونیزه به حجم رسید. میزان فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی (پرکین اِلمر، آلمان) اندازه گیری شد[۱۱].

Table 1 Treatments used in this study

Process type	code	No
Blank(Control sample)	B	1
Soaking and Cooking without the presence of chelating agents	SC-B	2
Soaking in the presence of potassium tartrate(200 PPM)	S-Tar	3
Soaking in the presence of potassium citrate(200 PPM)	S-Cit	4
Cooking in the presence of potassium tartrate(200 PPM)	C-Tar	5
Cooking in the presence of potassium citrate(200 PPM)	C-Cit	6
Soaking and cooking in the presence of potassium tartrate(200 PPM)	SC-Tar	7
Soaking and cooking in the presence of potassium citrate(200 PPM)	SC-Cit	8

۲-٤- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها به روش هدونیک توسط ۱۰ ارزیاب انجام شد. امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها براساس طعم، مزه و بافت (از ۱ تا ۵ که عدد بزرگتر نشانگر مطلوبیت بیشتر نمونه) انجام شد.

۲-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها

کلیه آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. آنالیز آماری با آزمون تجزیه واریانس یک طرفه با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ١٦ صورت گرفت. معنی‌داری نمونه‌ها با آزمون دانکن و در سطح آلفای ۵ درصد صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان کادمیوم برنج‌های وارداتی

میزان کادمیوم سه نوع برنج وارداتی در شکل۱ نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری بین میزان کادمیوم برنج‌های وارداتی وجود ندارد ($p>۰/۰۵$). میزان کادمیوم در برنج‌های وارداتی از بیشترین به کمترین مقدار مربوط به برنج‌های آمریکایی، تایلندی و هندی است که به ترتیب: ٨٦/٢٣، ٨٥/٩٣ و ٨٠/٠٧ ppb بود.

طبق استاندارد ایران و قوانین سازمان بهداشت جهانی[1]، میزان استاندارد کادمیوم را ۰/۰٦ پی پی ام مشخص نموده است[۱۲]. بر طبق میزان حد مجاز گزارش شده، کلیه برنج‌های وارداتی میزان کادمیوم بالاتر از حد مجاز را داشتند. در مطالعات صورت گرفته از محصولات عمل آمده 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. در این رابطه، کود کشاورزی آلوده یکی از منابع آلودگی برنج به کادمیوم بود [٦]. در برخی از گزارشات، نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و آلوده‌شدن آب و خاک به فاضلاب آن‌ها، عامل تجمع فلزات سنگین و خصوصاً سرب، کادمیوم و آرسنیک شناخته شده است [۱۳و٦]. مواد شیمیایی کشاورزی و دیگر فعالیت‌های انسانی می‌تواند جزء سایر منابع آلوده‌کننده خاک‌های کشاورزی باشد [١٤]. 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

1. WHO

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

از طریق آب و خاک به دانه برنج منتقل می‌شود و عموماً آلودگی سرب در محصولات نزدیک جاده‌ها و کارخانجات صنعتی آلاینده و به صورت آلودگی محیطی گزارش شده است. ژائونگ و همکاران[1] (۲۰۰۹) میزان سرب و کادمیوم برنج در چین را بالاتر از حد استاندارد و مجاز گزارش کردند[۱۵]. هم‌چنین، که و همکاران[2] (۲۰۱۵) میزان کادمیوم را در ٤٨٤ نمونه برنج مناطق مختلف چین در محدوده ۰/۱٤۹ تا ۰/۱۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند که میزان کادمیوم در ۱۸ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد گزارش شد[۱٦]. با وجود این‌که گزارش‌هایی از آلودگی انواع برنج به سرب در منابع وجود دارد اما اثر روش‌های پخت با چنگالی‌کننده‌ها بر میزان سرب و کادمیوم برنج بررسی نشده است.

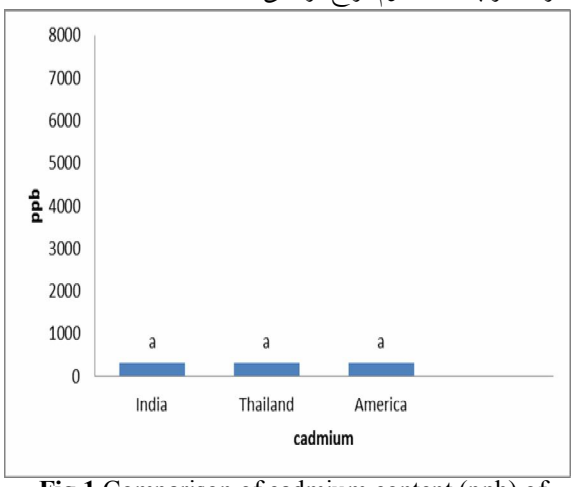

Fig 1 Comparison of cadmium content (ppb) of three types of imported rice
Means (three replicates) with different letters indicate significant difference ($P<0.05$)

۳-۲- اثر نوع تیمار بر میزان کادمیوم برنج هندی

با توجه به شکل ۲، در خصوص کادمیوم تفاوت آماری معنی‌داری میان تیمارهای مختلف با نمونه شاهد(B) وجود دارد (p<۰/۰۵)، به جزء SC-B که تفاوت آماری معنی‌داری با نمونه خام نشان نداد. هم‌چنین، تفاوت آماری معنی‌داری میان نمونه‌های S-Tar، C-Tar، S-Cit و C-Cit وجود نداشت (p>۰/۰۵).

مقدار کادمیوم در برنج هندی ۸۰/۰۷ ppb بود و بر اثر پخت بدون عوامل چنگالی‌کننده میزان آن ٦۸/٥٤ ppb رسید که هم‌چنان بالاتر از حد استاندارد بود. استفاده از تارتارات پتاسیم در زمان خیساندن، میزان کادمیوم را به ۲۱/٥۷ ppb رساند که اختلاف معنی‌داری بین این روش با دو تیمار قبلی دیده شد(p<۰/۰۵).

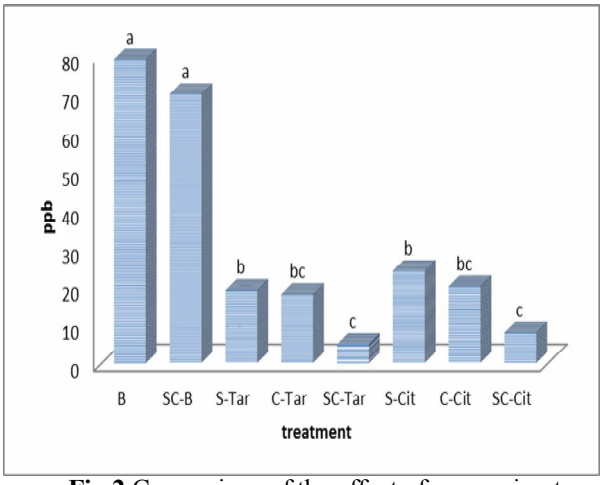

Fig 2 Comparison of the effect of processing type on cadmium content (ppb) of Indian rice
Means (three replicates) with different letters indicate significant difference ($P<0.05$)

بیش‌ترین میزان کاهش کادمیوم مربوط به SC-Tar بود که میزان کادمیوم را ٤/۷٤ ppb کاهش داد که در مقایسه با تیمار مربوط به SC-Cit که مقدار کادمیوم به ٥/۲٤ رسیده بود اختلاف معنی‌داری را نشان نداد(p <۰/۰۵).

۳-۳- اثر نوع تیمار بر میزان کادمیوم برنج تایلندی

با توجه به شکل ۳، بیش‌ترین میزان کادمیوم مربوط به نمونه شاهد با غلظت ۸٥/۹۳ ppb و کمترین میزان، مربوط به SC-Tar با غلظت ۲/۰۸ ppb است.

بین برنج پخته و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که نشان داد پخت بدون عامل چنگالی‌کننده، سبب کاهش ناچیزی در میزان کادمیوم شد. استفاده از تارتارات پتاسیم در خیساندن برنج، میزان کادمیوم را به ۲۱/۷۷ ppb رساند که نسبت به برنج پخته و شاهد اختلاف معنی‌داری دیده شد. استفاده از سیترات پتاسیم در تیمار خیساندن، مقدار کادمیوم را به ۲٤/٤۰ ppb و استفاده از آن در موقع پخت، مقدار کادمیوم را به ۲٦/۳۸ ppb رساند که بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت(p>۰/۰۵).

نتایج نشان داد که مقدار کادمیوم در تیمار خیساندن با (عوامل چنگالی‌کننده) در مقایسه با تیمارهای پخت با (عوامل چنگالی‌کننده) کاهش بیشتری داشت.

1. Zhuang et al.
2. Ke et al.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

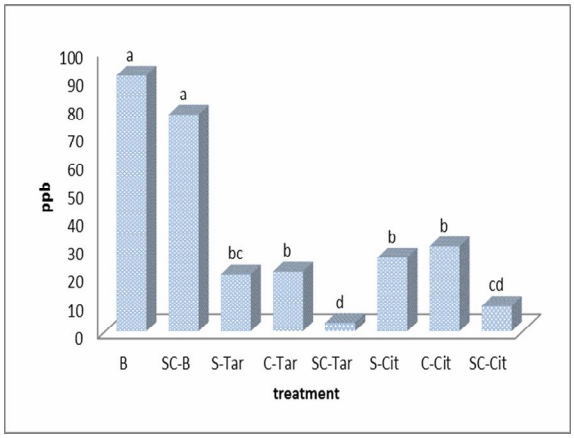

Fig 3 Comparison of the effect of processing type on cadmium content (ppb) of Thai rice
Means (three replicates) with different letters indicate significant difference (P<0.05)

۳-٤- اثر نوع تیمار بر میزان کادمیوم برنج آمریکایی

مطابق با شکل٤، در خصوص میزان کادمیوم تیمارها، نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد با تیمارهای دیگر وجود دارد. بیشترین و کمترین مقدار کادمیوم به ترتیب در برنج شاهد و SC-Tar مشاهده شد. بین تیمار S-Tar و C-Tar اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بین تیمار S-Cit و C-Cit اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ مشاهده نشد. همچنین، بین تیمار SC-Tar و SC-Cit اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ گزارش نشد.

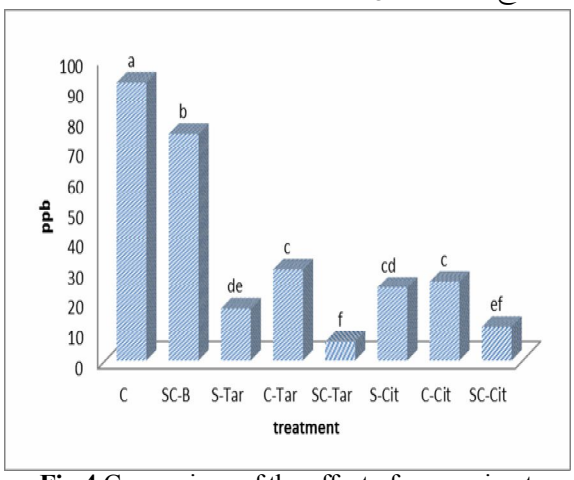

Fig 4 Comparison of the effect of processing type on cadmium content (ppb) of American rice
Means (three replicates) with different letters indicate significant difference (P<0.05)

مطالعات قبلی، در خصوص کاهش آرسنیک، نشان داد که مراحل خیساندن و پخت، تأثیر زیادی بر کاهش میزان این فلز دارد. بر خلاف نتایج گزارش شده از کاهش آرسنیک در پخت برنج، در مورد تغییرات کادمیوم گزارش شد که فرایند آماده سازی و پخت اثر کمی در کاهش میزان کادمیوم داشت. حتی کاربرد روش‌هایی که طی آن از مقدار زیادی آب برای شستشو استفاده می‌شود، اثر ناچیزی در کاهش کادمیوم دارد. در برخی از مطالعات مانند مطالعه خان و همکاران[1] (۲۰۱۰) مشاهده شد که غلظت کادمیوم طی پخت تغییری نمی‌کند [۱۷]. محققین دیگری، استفاده از روش خیساندن و پخت جهت کاهش دیگر فلزات سنگین در برنج را استفاده کردند. میهوچ و همکاران[2] (۲۰۰۷) گزارش کردند که شستن و پخت برنج(آب مقطر به برنج با نسبت ٦ به ۱) میزان آرسنیک را به میزان قابل ملاحظه‌ای به پایین‌ترین از حد مجاز کاهش داد[۱۸]. در مطالعه دیگری در این زمینه در سال ۲۰۱۰، میهوچ و همکاران پس از خیساندن برنج(آب مقطر به برنج با نسبت ٦ به ۱) و پخت محدود برنج (آب مقطر به برنج با نسبت ۳ به ۱)، کاهش کادمیوم را در حدود ۱۰-۱۵ درصد گزارش کردند [۱۹]. پخت برنج (آب مقطر به برنج با نسبت ۲ به ۱) موجب کاهش ۱۰ درصدی کادمیوم در مقایسه با برنج خام اولیه شد [۹]. ناصری و همکاران (۲۰۱٤) گزارش دادند که پختن می‌تواند میزان کادمیوم را در برنج کاهش دهد[۵]، اما وانگ و همکاران[3] (۲۰۱٤) بیان کردند که تفاوت معنی‌داری بین میزان کادمیوم برنج پخته شده در مایکروویو و برنج خام وجود ندارد[۲۰]. نتایج این تحقیق با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد.

۳-۵- اثر همزمان تیمارها و نوع برنج بر درصد کاهش کادمیوم

نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد کاهش کادمیوم در جدول۲ نشان داده شده است. تفاوت آماری معنی‌داری میان تیمارهای مختلف با نمونه خام از نظر درصد کاهش کادمیوم وجود داشت(p<۰/۰۵). تنها نمونه SC-B تفاوت آماری معنی‌داری با نمونه خام نداشت. اختلاف آماری معنی‌داری میان نمونه‌های S-Tar، C-Tar، S-Cit و C-Cit از لحاظ درصد کاهش کادمیوم وجود نداشت(p>۰/۰۵). در میان تیمارهای مختلف بیشترین و کمترین درصد کاهش کادمیوم از برنج هندی به ترتیب مربوط به نمونه‌های SC-Tar، SC-Cit و نمونه SC-B بود. بیش‌ترین کاهش کادمیوم مربوط به تیمار SC-Tar بود که این میزان برابر با ۹٤/۰۸ درصد گزارش شد. طبق نتایج بدست آمده از جدول۱، بین تیمار خام با دیگر تیمارها به جزء تیمار SC-B اختلاف معنی‌داری برای درصد

1. Khan et al.
2. Mihucz et al.
3. Wang et al.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

کاهش کادمیوم وجود داشت. اما بین تیمارهای S-Tar، C-Tar، S-Cit و C-Cit اختلاف معنی‌داری وجود نداشت(p>۰/۰۵). بیش‌ترین درصد کاهش کادمیوم مربوط به تیمار SC-Tar بود که ۹۷/۵۸ درصد بود و بعد از آن تیمار SC-Cit ۸۹/۳۶ درصد بود و اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت(p>۰/۰۵).

Table 2 Comparison of the percentage of cadmium reduction from imported rice

Cadmium (ppb)			Treatment
American	Thai	Indian	
00.00±0.69^{eA}	00.00±0.69^{dA}	00.00±0.69^{cA}	B
11.43±0.55^{dA}	12.55±0.55^{dA}	14.40±0.55^{cA}	SC-B
79.35±0.79^{bA}	74.67±0.79^{bcA}	73.06±0.79^{bA}	S-Tar
66.23±0.72^{cA}	72.88±0.72^{cA}	74.96±0.72^{bA}	C-Tar
91.53±0.49^{aA}	97.58±0.49^{aA}	94.08±0.49^{aA}	SC-Tar
72.24±0.61^{bcA}	71.61±0.61^{cA}	68.09±0.61^{bA}	S-Cit
66.01±0.87^{cA}	69.31±0.87^{cA}	74.78±0.87^{bA}	C-Cit
86.73±0.69^{aA}	89.36±0.69^{abA}	93.46±0.69^{aA}	SC-Cit

Means (three replicates) ± SD in each column with different small superscripts and in each row with different large superscripts indicate significant difference (P<0.05)

از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین درصد کاهش کادمیوم سه گونه برنج وارداتی مشاهده نشد(جدول ۲). بیشترین درصد کاهش کادمیوم ، مربوط به برنج آمریکایی بود که در مقایسه با برنج تایلندی و هندی از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد(p>۰/۰۵). تفاوت آماری معنی‌داری میان انواع برنج هندی، تایلندی و آمریکایی خیسانده و پخته شده در تارتارات پتاسیم از لحاظ درصد کاهش کادمیوم مشاهده نشد(p>۰/۰۵). در واقع، تأثیر تیمار خیساندن و پخت با تارتارات پتاسیم بر سه نوع برنج هندی تایلندی آمریکایی از نظر درصد کاهش کادمیوم یکسان گزارش شد. استفاده از تارتارات پتاسیم در مرحله خیساندن و پخت به طور هم‌زمان، بیش‌ترین درصد کاهش کادمیوم را داشت. هم‌چنین، نتایج نشان داد که ۹٤/۰۸ درصد کادمیوم آن کاهش یافته و۵/۹۲ درصد کادمیوم در برنج هندی باقی مانده است. بیشترین درصد کاهش کادمیوم در برنج هندی بود(جدول ۲). برنج آمریکایی با میزان کاهش ٦٦/۰۱ درصدی در مقایسه با دو گونه دیگر، کادمیوم کمتری را در روش تیمار پخت با سیترات پتاسیم کاهش داد. به طور کلی، از لحاظ آماری بین کاهش کادمیوم برنج مناطق مختلف در روش تیمار C-Cit اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در روش خیساندن و پخت با سیترات پتاسیم، بیشترین درصد کاهش کادمیوم مربوط به برنج هندی با ۹۳/٤٦ درصد بود. در برنج تایلندی کاهش کادمیوم ۸۹/۳٦ درصد بود. کمترین کاهش کادمیوم در روش تیمار خیساندن و پخت با سیترات پتاسیم مربوط به برنج آمریکایی با ۸٦/۷۳ درصد دیده شد. از نظر آماری در روش خیساندن و پخت با سیترات پتاسیم هم، بین درصد کاهش کادمیوم در سه گونه برنج اختلاف معنی‌داری وجود نداشت(p>۰/۰۵). اثر فرایند پخت بر کاهش کادمیوم برنج مربوط به انحلال پذیری کادمیوم در آب استخراجی است، زیرا به طور معمول کادمیوم با پروتئین‌ها پیوند برقرار کرده و فرایند حرارتی می‌تواند تخریب پروتئین را افزایش دهد و منجر به رهایش کادمیوم به داخل آب گردد[۲۱]. نمک‌های اسیدهای آلی تارتارات پتاسیم و سیترات پتاسیم می‌تواند به عنوان ترکیباتی جهت افزایش تحرک فلزات از خاک‌های آلوده استفاده شود و می‌تواند به عنوان یک افزودنی ایمن در مواد غذایی به کار رود[۲۲]. یانگ و همکاران[1] (۲۰۱٦) گزارش کردند که چنگالی‌کننده‌ها (تارتارات و سیترات پتاسیم) می‌توانند سرب و کادمیوم را به میزان قابل ملاحظه‌ای از کنجاله بادام زمینی و کلزا خارج کنند. هم‌چنین با افزایش غلظت چنگالی‌کننده‌ها، کاهش فلزات سنگین افزایش یافت و ارتباط خطی بین افزایش غلظت و افزایش راندمان خارج سازی حاصل شد[۸]. غلظت ۳۰ میلی مولار تارتارات پتاسیم به عنوان کاهش دهنده موثر کادمیوم از کنجاله کلزا به کار رفت و راندمان کاهش کادمیوم ۷۵/۰۲ درصد بود و غلظت کادمیوم از ۰/۹۵ به ۰/۲٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج گزارش شده در خصوص برنج‌های وارداتی در حضور نمک‌های سیترات و تارتارات هم‌خوانی داشت. آنها مشاهده کردند که با افزایش زمان و دمای تیمار کنجاله بادام زمینی و کلزا در حضور تارتارات و سیترات پتاسیم، میزان سرب و کادمیوم کاهش یافت. هیو و همکاران[2] (۲۰۱٦) از اسید سیتریک جهت کاهش کادمیوم از برنج استفاده کردند و برنج‌های آلوده بعد از تیمار با اسید سیتریک جهت تولید نشاسته و ایزوله پروتئین برنج به کار گرفته شد [۲۳]. در

1. Yang et al.
2. Huo et al.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

مجموع، نمک‌های تارتارات و سیترات و اسیدهای آن به واسطه گروه‌های کربوکسیل خود و توانایی چنگالی‌کردن یون‌های فلزی، کاهش یونهای فلزی را از منابع گیاهی افزایش دادند. بر طبق نتایج این تحقیق، عملکرد تارتارات پتاسیم در مقایسه با سیترات پتاسیم در کاهش کادمیوم بیشتر بود.

۳-٦- ارزیابی حسی برنج‌های تیمارشده

نتایج ارزیابی حسی برنج‌های پخته شده (هند، تایلند و آمریکا) در شرایط مختلف و در حضور ترکیبات چنگالی‌کننده سیترات و تارتارات پتاسیم در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که تیمارهای انجام شده تغییری در خصوصیات ارزیابی حسی برنج‌ها ایجاد نکرد، به گونه‌ای که ارزیاب‌های حسی اختلاف معنی‌داری را در نمونه‌های مختلف پخته شده با نمک‌های چگالی‌کننده تشخیص ندادند($p>۰/۰۵$). از این رو، استفاده از نمک‌های مربوطه می‌تواند علاوه بر کاهش کادمیوم در برنج‌های وارداتی، اثری بر این خصوصیات نداشته باشد تا از طرف مصرف‌کننده رد شود.

Table 3 Comparison of mean sensory evaluation of imported rice

General acceptance			Treatment
American	Thai	Indian	
-	-	-	B
4.10±0.85[a]	4.25±0.79[a]	4.05±0.69[a]	SC-B
4.00±0.65[a]	4.30±0.69[a]	4.10±0.55[a]	S-Tar
4.20±0.56[a]	4.35±1.04[a]	4.25±0.79[a]	C-Tar
4.35±0.44[a]	4.15±0.93[a]	4.00±0.72[a]	SC-Tar
4.10±0.72[a]	4.45±0.6[a]	4.20±0.49[a]	S-Tar
4.20±0.51[a]	4.30±0.98[a]	4.50±0.61[a]	C-Tar
4.10±0.39[a]	4.10±1.01[a]	4.05±0.87[a]	SC-Tar

Means (10 sensory evaluation) ± SD in each column with different small superscripts indicate significant difference ($P<0.05$)

٤- نتیجه‌گیری کلی

میزان کادمیوم برنج‌های وارداتی از بیشترین به کمترین مقدار مربوط به برنج‌های آمریکایی، تایلند و هندی است که به ترتیب: ۸٦/۲۳، ۸۵/۹۳ و ۸۰/۰۷ ppb بود. در تمامی نمونه‌ها، میزان کادمیوم بالاتر از حد استاندارد گزارش شد. تیمار خیساندن با عوامل چنگالی‌کننده و پخت با آب معمولی در مقایسه با خیساندن با آب معمولی و پخت با عوامل چنگالی‌کننده اختلاف معنی داری در کاهش کادمیوم نداشت، اما استفاده همزمان از عوامل چنگالی‌کننده در آب خیساندن و پخت دارای اثر قابل ملاحظه‌تری در کاهش کادمیوم بود. نمک چنگالی‌کننده تارتارات در مقایسه با سیترات اثر بیشتری در کاهش کادمیوم از برنج‌های وارداتی داشتند. با این وجود، بهینه‌سازی پارامترهای دمایی و زمانی فرایندهای خیساندن و پختن در حضور نمک‌های چنگالی‌کننده در مطالعات بعدی توصیه می‌شود.

۵- منابع

[1] Shuklasr, P., 2005. Adsorption of Cu, Ni, and Zn on modified jute fibers. Bioresource Technology, 96, 1430-1438.

[2] Chaney, RL., Reeves, PG., Ryan, JA., Simmons, RW., Welch, RM. & Angle, JS., 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, 549-553.

[3] Appleton, JD.,Weeks, JM., Calvez, JPS. & Beinhoff, Cd., 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, 198–211.

[4] Sharma, RK., Agrawal, M. & Marshall, M., 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. Ecotoxicology and Environmental Safety, 66, 258–266.

[5] 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, 65-72.

[6] Morekian, R., Rezaee, E., Leila Azadbakht, Maryam Mirlohi, Cooking elements affecting on heavy metal concentration in rice, 2013,

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

Health Research Journal,1394-1405.
[7] Rezaiyan Attar, F., Hesari, J., A Study on contamination of white rice by cadmium, lead and arsenic in Tabriz, 2013, Journal of Food Industry Research, 33, 581-594.
[8] Yang, Y., Hongliang, L., Liang, P., Zhipeng, C. & Qigru, Z., 2016. Assessment of Pb and Cd in seed oils and meals and methodology of their extraction. Food Chemistry, 197, 482-488.
[9] Zhuang, P., Zhang, C., Li Y, Zou, B., Mo, H., Wu, K., Wu, J. & 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.
[10] AOAC. 2003, Official Methods of Analysis (17th ed.), Association of Official Analytical Chemist,. Washington DC, USA.
[11] Adibi, H., Mazhari, M., Bidaki, K. & Mahmoudi, M., 2013. The effect of washing and soaking on reducing of Lead, Arsenic and Cadmium in Kermanshah distributed rice. Journal of kermanshah university of medical science,17: 628-636.
[12] FAO. "FAO statistical databases. Food and Agriculture Organization". [cited 2002 Jul9]. Available from: http://apps.fao.org/.
[13] Cao, ZH. & Hu, ZY., 2000, Copper contamination in paddy soils irrigated with wastewater. Chemosphere, 41: 3-6.
[14] Zhao, K., Liu, X., Xu, J. & Selim, HM., 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, 778-787.
[15] Zhuang, P., Zou, B., Li, NY. Li, ZA., 2009. Heavy metal contamination in soils and food crops around Dabaoshan mine in Guangdong, China: implication for human health. Environmental Geochemistry and Health, 31, 707-715.
[16] Ke, S., Cheng, XY., Zhang, N., Hu, HG., Yan, Q., Hou, LL., Sun, X. & Chen, ZN., 2015. Cadmium contamination of rice from various polluted areas of China and its potential risks to human health. Environmental Monitoring and Assessment, 187, 408.
[17] Khan, SI., Ahmed, AK., Yunus, M., Rahman, M., Hore, SK. & Vahter, M., 2010. Arsenic and cadmium in foodchain in Bangladesh, an exploratory study. Journal of Health, Population and Nutrition, 28, 578-84.
[18] Mihucz, VG., Virág, I., Zang, C., Jao, Y. & Záray, G., 2007. Arsenic removal from rice by washing and cooking with water. Food Chemistry, 105, 1718-1725.
[19] Mihucz, VG., Silversmit, G., Szalóki, I., Samber, BD., Schoonjans, T. & Tatár, E., 2010. 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 Chemistry.,121, 290-297.
[20] 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.
[21] Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, JM. & Domingo, JL., 2008. Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 11262-11269.
[22] Wu, LH., Luo, YM., Christie, P. & Wong, MH., 2003. Effects of EDTA and low molecular weight organic acids on soil solution properties of a heavy metal polluted soil. Chemosphere, 50, 819-822.
[23] 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, 1576-1584.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]

The effect of soaking and cooking in the presence of chelating agents (potassium tartrate and citrate) on cadmium reduction of some imported rice varieties

Hashemi garmdareh, A. [1], Goli, M. [2*]

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Associate professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

(Received: 2018/11/08 Accepted:2020/01/13)

Rice is one of the most widely consumed grains in the world and is widely used in the diet of people. Today, rice contamination with heavy metals is one of the problems confronting humanity. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effect of soaking and cooking in the presence of chelating agents i.e., potassium tartrate and citrate on the amount of Cadmium reduction of three types of imported rice (India, Thailand, and America). Measurements were carried out with atomic absorption with three replications. The difference in mean was done at Duncan's 5% level. The cadmium of imported rice was higher than the standard values. Cadmium of imported rice from highest to lowest was America, Thailand, and India that was 86.23, 85.93 and 80.07 ppb, respectively. Soaking in the presence of chelating agent but cooking in water without chelating agents(S-chelating agents), in comparison to soaking in water without a chelating agent but cooking in the presence of chelating agents(C-chelating agents), had no significant difference in cadmium elimination($p>0.05$). Soaking and cooking of rice in the presence of chelating agents (SC-chelating agents) reduced Cadmium to higher than 93 percent (97.58 for potassium tartrate in Thailand rice and 93.46 for potassium citrate in India rice). Tartrate chelating agents in comparison to citrate had a significant effect in cadmium elimination for imported rice ($p<0.05$). Finally, the sensory evaluation showed that there was no significant difference between all treatments ($p>0.05$).

Keywords: Rice, Cadmium, Soaking and Cooking, Chelating agents, Potassium tartrate and citrate

* Corresponding Author E-Mail Address: mgolifood@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/fsct.16.97.161]