

## Survey and comparison of different processes effect, rinsing and baking on remaining amount of heavy metals lead and cadmium in cultivated Tarom rice in Qhaemshahr city paddies in northern Iran

### ABSTRACT

**Background & objective:** The processes of cooking and also washing reduce the amount of heavy metals in rice. So identify the best method of cooking and washing is essential to reduce heavy metals. The aim of this study is to evaluate the remaining cadmium and lead after cooking and washing processes in Tarom rice in Qaemshahr city.

**Materials & Methods:** Qaemshahr city was divided into five regions and of each region; three rice samples were collected, randomly. The concentration of lead and cadmium were evaluated in 75 raw rice samples, washed by water, cooked, rinsed rice and Kateh. Results were analyzed using software SPSS.18 and t-test student, Analysis of variance (ANOVA) and Duncan's post hoc.

**Results:** According to t-test Student test, amount of lead and cadmium in rice was higher than the international and Iran standards. The minimum amount of cadmium was in the rinsed rice method ( $0.19 \pm 0.08$ ) and lead was in the washed by water method ( $0.87 \pm 0.3$ ). ANOVA showed that there was a significant difference between concentrations of cadmium and lead in samples of rice in different regions ( $p < 0.05$ ). Duncan test also showed that the average of the amounts of cadmium and lead in raw samples had a significant difference with all samples, and residue of these metals in raw rice was more than other samples ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The amount of heavy metals in studied rice samples was higher than the standard limit. The minimum amount of metals was observed in the rinsing and washing methods. As regards that contamination in planted rices near industrial wastewater was higher than the others, So planting rice in areas closing to the industrial factories should be prevented, and best methods for rice cooking should be trained.

**Keywords:** heavy metals, lead, cadmium, rice

► **Citation:** Rezaei Malidareh R, Shokrzadeh M, Khasi B, Rouhi S, Zabolli F. Survey and comparison of different processes effect, rinsing and baking on remaining amount of heavy metals lead and cadmium in cultivated Tarom rice in Qhaemshahr city paddies in northern Iran. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2016;2 (1) : 52-59.

#### Roghiyeh Rezaei Malidareh

MSc of Food Industry Engineering, School of Agriculture and Food Industry, Islamic Azad University Ayatollah Amoli Branch, Amol, Iran.

#### Mohammad Shokrzadeh

Associate Professor of Toxicology, Pharmaceutical Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

#### Bitra Khasi

MSc of Health Education, Student Research Committee, School of Medicine, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

#### Samaneh Rouhi

PhD Student of Molecular Epidemiology of Bacteria, Student Research Committee, School of Medicine, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

PhD Student of Molecular Epidemiology of Bacteria, Cellular & Molecular Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

#### Fatemeh Zabolli

\* Assistant Professor of Microbiology, School of Agriculture and Food Industry, Islamic Azad University Ayatollah Amoli Branch, Amol, Iran. (Corresponding author):

Email: microbiol\_sci@yahoo.com

REceived: 12 May 2016

Accepted: 31 May 2016

## بررسی و مقایسه تأثیر فرآیندهای مختلف آبکشی و پخت بر میزان باقی مانده فلزات سنگین سرب و کادمیوم در برنج‌های طارم کشت شده در شالیزارهای شهر قائم‌شهر در شمال ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** پخت‌وپز و همچنین شستشو باعث کاهش میزان فلزات سنگین در برنج می‌شود. بنابراین شناسایی بهترین روش پخت‌وشستشو جهت کاهش فلزات سنگین ضروری است. هدف از این مطالعه بررسی میزان باقی‌مانده فلزات کادمیوم و سرب در برنج طارم در شهر قائم‌شهر بعد از فرآیندهای شستشو و پخت می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه توصیفی-مقطعی در سال ۱۳۹۴ در شهر قائم‌شهر استان مازندران انجام شد. شهر قائم‌شهر به پنج منطقه تقسیم و از هر منطقه سه نمونه برنج به‌طور تصادفی جمع‌آوری شد. غلظت فلزات سرب و کادمیوم در ۷۵ نمونه برنج خام، شسته شده به‌وسیله آب، پخته شده، آبکش شده و کته مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری میزان دو فلز سنگین کادمیوم و سرب در برنج و مقایسه سطح زیر منحنی استاندارد بانمونه‌های مورد آزمایش، از استانداردهای ساخته شده استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۸) و آزمون‌های (ANOVA Student t-test، Varianc (ANOVA و آزمون تعقیبی DuNcan انجام شد ( $p < 0.05$ ).

**یافته‌ها:** بر اساس آزمون t-test Student، میزان غلظت سرب و کادمیوم در برنج از حد استاندارد جهانی و ایران بالاتر بود. کمترین میزان کادمیوم در روش آبکشی ( $0.19 \pm 0.08$ ) و کمترین میزان سرب در روش شستشوی آب ( $0.87 \pm 0.3$ ) بود. بر اساس آزمون ANOVA بین غلظت کادمیوم و سرب در نمونه‌های برنج در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0.05$ ). بر اساس آزمون DuNcan نیز میانگین‌های مقادیر کادمیوم و سرب در نمونه خام با تمامی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت و میزان این فلزات در برنج خام بیشتر از سایر نمونه‌ها بود ( $p < 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** میزان فلزات مورد مطالعه در نمونه‌های برنج مورد بررسی بالاتر از حد مجاز استاندارد بود. کمترین میزان فلزات در روش‌های آبکشی و شستشو مشاهده شد. با توجه به اینکه آلودگی در برنج کشت شده نزدیک به پساب‌های صنعتی بیشتر بود، می‌بایست از کاشت برنج در مناطق نزدیک به کارخانجات صنعتی ممانعت به‌عمل آید و آموزش‌های لازم جهت نحوه پخت برنج داده شود.

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**کلیدواژه‌ها:** سرب، فلزات سنگین، کادمیوم

### رقیه رضایی مالیدره

کارشناس ارشد مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی، آمل، ایران.

### محمد شکر زاده

دانشیار سم شناسی، مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

### بینا خاصی

کارشناس ارشد آموزش بهداشت، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.

### سمانه روحی

دانشجوی دوره دکترای اپیدمیولوژی مولکولی باکتری‌ها، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. دانشجوی دوره دکترای اپیدمیولوژی مولکولی باکتری‌ها، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.

### فاطمه زابلی

\* استادیار میکروب شناسی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌الله آملی، آمل، ایران. (نویسنده مسئول)

پست الکترونیک: microbiol\_sci@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۱

◀ **استناد:** رضایی مالیدره، ر. شکر زاده، م. خاصی، روحی، س. زابلی، ف. بررسی و مقایسه تأثیر فرآیندهای مختلف آبکشی و پخت بر میزان باقی‌مانده فلزات سنگین سرب و کادمیوم در برنج‌های طارم کشت شده در شالیزارهای شهر قائم‌شهر در شمال ایران. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۵؛ ۲۱(۱): ۵۲-۵۹.

## مقدمه

افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع، استفاده از فلزات در صنایع مختلف و مصرف سوخت‌های فسیلی، باعث پیدایش آلودگی محیط‌زیست شده است. از طرفی فلزات سنگین در اکوسیستم‌ها نفوذ کرده، وارد زنجیره غذایی می‌شوند و اثرات بسیار جدی و خطرناکی بر فعالیت متابولیکی و فیزیولوژیکی موجودات به جای می‌گذارند (۱). آلودگی آب به دلیل تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، وجود فلزات سنگین سمی و مدیریت نامناسب زیاله‌ها، سلامتی بشر را به گونه‌ای خطرناک تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲). متداول‌ترین فلزات یافت شده در فاضلاب‌ها، سرب، مس، روی، کادمیوم، کروم و نیکل هستند (۳). فلزات سنگین پس از ورود به بدن در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و باعث بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی مانند اختلالات عصبی، انواع سرطان، سقط جنین، اختلالات تنفسی، آسیب به کبد، کلیه و مغز، التهاب مفصل، ریزش مو و پوکی استخوان در بدن انسان می‌شوند (۴). سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) غلظت استاندارد کادمیوم و سرب در برنج را به ترتیب  $0/2$  و  $0/3$  میلی‌گرم بر کیلوگرم ( $1 \text{ mg/kg} = 1$ ) و وزن خشک بدن تعیین کرده است (۵). استاندارد ایران حد مجاز فلزات سنگین کادمیوم و سرب را بر اساس استاندارد ۱۲۹۶۸ در برنج به ترتیب  $0/06$  و  $0/15$  میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بدن تعیین کرده است (۶). نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و آلوده شدن آب و خاک به فاضلاب این مراکز، عامل تجمع فلزات سنگین خصوصاً سرب، کادمیوم و آرسنیک است (۲). فلزات سنگین به‌طور زیستی تجزیه‌ناپذیرند، بنابراین برای مدت‌های طولانی در اکوسیستم‌های محیطی باقی می‌مانند. در میان محصولات کشاورزی، برنج محصول ویژه با قابلیت جذب و تجمع بالای کادمیوم، سرب و آرسنیک است. مطالعات نشان داده‌اند که میزان آلودگی با فلزات سنگین در برنج تحت تأثیر فرآیندها و روش‌های پخت برنج قرار می‌گیرد (۷، ۸). همچنین شستن و خیساندن که در اکثر فرهنگ‌ها وجود دارد، به

کاهش فلزات سنگین کمک می‌کند، ولی باید اطمینان پیدا کرد که آبی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، خود حاوی فلزات سنگین نباشد (۴). مطالعات مختلف وجود فلزات سنگین را در برنج و کاهش آن بعد از فرآیندهای شستن و پختن نشان داده‌اند.

در مطالعه مسیبی و میرزایی (۲۰۱۳) در ایران در بررسی ۸۰ نمونه برنج وارداتی، میانگین غلظت سرب، آرسنیک و کادمیوم در نمونه‌های برنج به ترتیب  $0/067$ ،  $0/007$  و  $0/024$  میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (۹). مطالعه میهاسز و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که بعد از پخت برنج حدود ۵۰ درصد از محتویات آرسنیک، کادمیوم، مس، منگنز، نیکل و تیتانیوم موجود در نمونه‌های برنج خام کاهش می‌یابد (۱۰). همچنین مطالعه ادیبی و همکاران (۲۰۱۶) در ایران نشان داد که به‌طور متوسط ۳ بار شستن و ۳ ساعت خیساندن، به میزان ۱۵ درصد میزان فلز سرب،  $7/2$  درصد میزان فلز کادمیوم و ۱۸ درصد میزان فلز آرسنیک در برنج را کاهش می‌دهد (۴). آلودگی برنج با فلزات سنگین، یکی از موارد احتمالی آلودگی‌های محیطی است که طی آن تحت شرایط خاصی از قبیل آلودگی آب، خاک و نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و فاضلاب‌های مربوطه، عناصر سنگین به برنج منتقل شده و در آن تجمع پیدا می‌کند (۱۱، ۱۲). بنابر مطالب گفته شده و با توجه به این موضوع که باقی‌مانده فلزات سنگین در برنج تحت تأثیر روش‌ها و شرایط پخت قرار می‌گیرد، مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان باقی‌مانده فلزات سنگین کادمیوم و سرب در برنج طارم در شهر قائم‌شهر تحت تأثیر فرآیند شستن و پخت انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی-مقطعی در سال ۱۳۹۴ در شهر قائم‌شهر استان مازندران انجام شد. به منظور ایجاد تنوع در تحقیق، قائم‌شهر به ۵ منطقه (شمال، جنوب، شرق، غرب و مرکز) تقسیم و از مزارع شالیزار هر منطقه سه نمونه به‌طور تصادفی جمع‌آوری شد. تعداد کل نمونه‌های به‌دست آمده از شهر قائم‌شهر ۱۵ نمونه بود و با توجه به اینکه از ۵ روش تهیه (خام، شسته شده به‌وسیله

به روش کته پخته شد. برنج پخته شده در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا رطوبت موجود در برنج کاملاً از بین برود.

آماده‌سازی نمونه‌ها: آماده‌سازی برنج جهت اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین بر اساس روش هضم اسیدی انجام گرفت. بعد از تهیه نمونه‌های برنج، به هر کدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسیدپرکلریدریک ۷۰ درصد، ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک و ۳۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۷۰ درصد افزوده شد. نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری و سپس بر روی هیتر جوشانیده شدند تا یک محلول شفاف به حجم ۳ میلی‌لیتر به دست آید. سپس محلول به وسیله آب مقطر دیونیزه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد (۱۵-۱۳).

سنجش فلزات مورد آزمایش: جهت اندازه‌گیری میزان دو فلز سنگین کادمیوم و سرب در برنج و مقایسه سطح زیر منحنی استاندارد با نمونه‌های مورد آزمایش، از استانداردهای ساخته شده استفاده شد. استانداردها به ترتیب شامل کادمیوم با غلظت‌های ۰/۲، ۰/۶، ۰/۸ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین سرب با غلظت‌های ۰/۵، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. طول موج ۲۲۸/۸ nm و ۲۸۳/۳ nm و جریان استیلن ۱ L/Min و ۱/۵ به ترتیب جهت سنجش کادمیوم و سرب به کار رفت.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌ها پس از گردآوری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۸) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت سنجش تفاوت غلظت کادمیوم و سرب در برنج خام در مناطق مختلف از آزمون‌های (ANOVA) Student t-test و Analysis of Variance و آزمون تعقیبی DuncaN استفاده شد ( $p < 0/05$ ).

### یافته‌ها

بر اساس آزمون Student t-test، میزان غلظت سرب و کادمیوم در برنج خام در مقایسه با میزان استاندارد اختلاف معناداری داشت ( $p < 0/05$ ). نتایج حاکی از این است که میزان سرب و کادمیوم

آب، پخته شده، آبکش شده و کته) استفاده شد، تعداد کل نمونه‌ها به ۷۵ رسید.

نگه‌داری نمونه‌های برنج: ظروف نگه‌داری نمونه‌ها از قبل با اسیدنیتریک ۵ درصد اسیدشویی شدند، سپس با آب مقطر ۲ بار یون‌زدایی و شستشو داده شدند. سپس ظروف در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. تمام نمونه‌های جمع‌آوری شده در داخل این ظروف مخصوص و در شرایط یخچال نگهداری شدند.

نحوه تهیه برنج خام:  $2 \pm 0/001$  گرم برنج خام به مدت ۴۸ ساعت در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کاملاً خشک شود.

نحوه تهیه برنج شسته شده به وسیله آب: به ۲۵ گرم برنج خام، ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه اضافه شد. نمونه‌ها ۳ بار شستشو شدند و در هر آبکشی از ۲۰ میلی‌لیتر آب برای شستشو استفاده شد. در پایان شستشو، برنج شسته در آون ۱۰۵ درجه کاملاً خشک شدند.

نحوه تهیه برنج پخته شده: ۲۵ گرم برنج خام ۳ بار به وسیله ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه شستشو داده و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به برنج اضافه شد. برنج به روش آبکش پخته شد و سپس برنج پخته شده در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کاملاً خشک شود.

نحوه تهیه برنج آبکش شده: ۲۵ گرم برنج خام به وسیله ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه ۳ بار شستشو داده و سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه در برنج ریخته و چند دقیقه بعد برنج آبکش شد. برنج آبکش شده در بن ماری جوشانده شد تا مقدار آب اضافی آن تبخیر شود و املاح آن باقی بماند. برای اطمینان از اینکه آب موجود در آن کاملاً تبخیر شده، آب برنج در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

نحوه تهیه برنج پخته شده کته: ۲۵ گرم برنج خام با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه ۳ بار شستشو داده شد. سپس ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه به آن اضافه و بعد از ۳۰ دقیقه برنج

جدول ۱. میانگین‌های غلظت باقی‌مانده‌های کادمیوم و سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم، بر مبنای وزن خشک بدن) در نمونه‌های برنج به تفکیک نوع نمونه در مناطق مختلف

میانگین ± انحراف معیار (سرب)	میانگین ± انحراف معیار (کادمیوم)	تعداد	منطقه	نوع نمونه
۲۸/۰۴±۳/۲۴	۳/۶۷±۰/۴۰	۳	شمال	
۲۶/۱۴±۴/۵۴	۵/۰۱±۰/۲۵	۳	جنوب	
۲۸/۱۵±۴/۱۱	۵/۱۷±۰/۸۴	۳	غرب	
۲۹/۲۰±۲/۴۷	۷/۳۳±۰/۱۴	۳	شرق	خام
۲۶/۶۶±۲/۹۹	۴/۵۸±۰/۴۰	۳	مرکز	
۲۷/۴±۳/۲۱	۵/۰۹±۱/۲۰	۱۵	کل	
۲/۱۸±۰/۳۵	۰/۲۷±۰/۸۳	۳	شمال	
۰/۸۷±۰/۳۰	۱/۶۷±۲/۳۴	۳	جنوب	
۱/۵۶±۰/۶۱	۰/۳۴±۰/۵۷	۳	غرب	شسته شده به وسیله آب
۲/۵۹±۰/۵۹	۰/۳۸±۰/۹۴	۳	شرق	
۱/۷۵±۱/۳۰	۰/۲۵±۰/۱۵	۳	مرکز	
۱/۷۹±۰/۸۶	۰/۵۸±۱/۰۶	۱۵	کل	
۱۷/۸۵±۳/۵۴	۳/۲۲±۱/۱۴	۳	شمال	
۱۶/۶۳±۱/۵۶	۴/۳۱±۰/۲۸	۳	جنوب	
۲۷/۶۱±۷/۷۳	۳/۹۹±۰/۸۲	۳	غرب	
۲۷/۹۸±۲/۳۱	۵/۳۲±۰/۷۹	۳	شرق	پخته شده
۲۵/۴۱±۱۰/۹۹	۲/۷۸±۱/۷۲	۳	مرکز	
۲۳/۰۹±۷/۳۶	۳/۹۴±۱/۲۷	۱۵	کل	
۱/۳۳±۰/۴۱	۰/۱۹±۰/۰۸	۳	شمال	
۱/۳۲±۰/۶۲	۰/۲۵±۰/۰۴	۳	جنوب	
۱/۸۰±۰/۱۳	۰/۳۰±۰/۰۱	۳	غرب	
۲/۶۲±۰/۶۳	۰/۴۱±۰/۰۵	۳	شرق	آبکش شده
۱/۷۴±۰/۸۰	۰/۲۰±۰/۱۵	۳	مرکز	
۱/۷۶±۰/۶۸	۰/۲۷±۰/۱۱	۱۵	کل	
۱۸/۲۵±۷/۸۰	۳/۰۶±۰/۲۵۶	۳	شمال	
۱۱/۳۴±۹/۲۱	۳/۹۴±۰/۵۲۷	۳	جنوب	
۲۳/۳۹±۵/۱۱	۴/۴۱±۰/۴۷۸	۳	غرب	
۲۴/۸۸±۲/۲۵	۴/۳۴±۱/۳۹	۳	شرق	کنه
۱۸/۶۰±۳/۷۰	۳/۲۸±۱/۷۱	۳	مرکز	
۱۹/۲۹±۷/۱۷	۳/۸۱±۱/۰۵	۱۵	کل	

نتایج حاصل از آزمون ANOVA بر روی غلظت کادمیوم

در برنج خام مزارع قائم‌شهر با میزان استاندارد این سموم برابری نمی‌کند و از حد استاندارد جهانی و ایران بالاتر می‌باشد (۵، ۶).

بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان باقی‌مانده کادمیوم و سرب در مناطق مختلف شهر قائم‌شهر، بیشترین و کمترین میانگین میزان کادمیوم به ترتیب در نمونه‌های برنج خام در غرب (۷/۳۳±۰/۱۴) و شمال (۳/۶۷±۰/۴۰) بود. این میزان برای سرب به ترتیب در منطقه شرق (۲۹/۲۰±۲/۴۷) و منطقه جنوب (۲۶/۱۴±۴/۵۴) مشاهده شد. همچنین در برنج شستشو داده شده به وسیله آب، بیشترین و کمترین میانگین میزان کادمیوم در منطقه جنوب (۱/۶۷±۲/۳۴) و مرکز (۰/۲۵±۰/۱۵) و بیشترین و کمترین میانگین میزان سرب در منطقه غرب (۲/۵۹±۰/۵۹) و جنوب (۰/۸۷±۰/۳) مشاهده شد. در نمونه‌های پخته شده بیشترین میزان کادمیوم (۵/۳۲±۰/۷۹) و سرب (۲۷/۹۸±۲/۳۱) در منطقه غرب کمترین میزان کادمیوم و سرب به ترتیب در مرکز (۲/۷۸±۱/۷۲) و جنوب (۱۶/۶۳±۱/۵۶) گزارش شد. اما در نمونه‌های برنج آبکش شده، غرب (۰/۴۱±۰/۰۵) بیشترین میزان و شمال (۰/۱۹±۰/۰۸) کمترین میزان کادمیوم و همچنین غرب (۲/۶۲±۰/۶۳) بیشترین میزان و جنوب (۱/۳۲±۰/۶۲) کمترین میزان سرب را به خود اختصاص داد. از طرفی در برنج کنه، بیشترین و کمترین میانگین کادمیوم به ترتیب در شرق (۴/۴۱±۰/۴۷۸) و شمال (۳/۰۶±۰/۲۵۶) و بیشترین و کمترین میزان میانگین سرب نیز به ترتیب در غرب (۲۴/۸۸±۲/۲۵) و جنوب (۱۱/۳۴±۹/۲۱) گزارش شد.

نتیجه کلی نشان داد که بیشترین میزان کادمیوم در حالت خام (۷/۳۳±۰/۱۴) و کمترین میزان آن در حالت آبکش (۰/۱۹±۰/۰۸) است. این نتیجه برای سرب نیز به ترتیب در حالت پخته (۲۷/۹۸±۲/۳۱) و حالت شستشو با آب (۰/۸۷±۰/۳) مشاهده شد (جدول ۱).

در نمونه‌های برنج بر اساس انواع نمونه نشان داد که بین میزان باقی‌مانده کادمیوم برنج خام در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0/05$ ) و این نشان‌دهنده تأثیر مناطق مختلف بر میزان باقی‌مانده کادمیوم در برنج خام می‌باشد. اما در میزان کادمیوم سایر نمونه‌ها یعنی شسته شده به‌وسیله آب، آبکش شده، پخته شده و کته در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $p > 0/05$ ) (جدول ۲).

در نمونه‌های برنج بر اساس انواع نمونه نشان داد که بین میزان باقی‌مانده کادمیوم برنج خام در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0/05$ ) و این نشان‌دهنده تأثیر مناطق مختلف بر میزان باقی‌مانده کادمیوم در برنج خام می‌باشد. اما در میزان کادمیوم سایر نمونه‌ها یعنی شسته شده به‌وسیله آب، آبکش شده، پخته شده و کته در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $p > 0/05$ ) (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون ANOVA جهت سنجش غلظت کادمیوم در نمونه‌های برنج

نوع نمونه	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح احتمال
خام	۱۰	۲/۲۳	۰/۲۲	۲۰/۳۸	۰/۰۰۰
شسته شده به‌وسیله آب	۱۰	۱۱/۵۵	۱/۱۵	۰/۹۶۰	۰/۴۷۰
پخته شده	۱۰	۱۱/۳۵	۱/۱۳	۲/۴۹	۰/۱۱۰
آبکش شده	۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۷۳	۳/۲۹	۰/۰۵۷
کته	۱۰	۱/۰۹	۱۰/۹۵	۱/۰۲	۰/۴۴۱

همچنین میزان سرب در نمونه‌های برنج خام، شسته شده به‌وسیله آب، آبکش شده، پخته شده و کته در مناطق مختلف و در هر منطقه اختلاف معنی‌داری نداشت ( $p > 0/05$ ) (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون ANOVA جهت سنجش غلظت سرب در نمونه‌های برنج

نوع نمونه	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح احتمال
خام	۱۰	۱۲۶/۵۸	۱۲/۶۵	۰/۳۶۰	۰/۸۳۲
شسته شده به‌وسیله آب	۱۰	۵/۴۴	۰/۵۴	۲/۳۲	۰/۱۲۷
پخته شده	۱۰	۴۰/۱۸۷	۴۰/۱۸	۲/۲۲	۰/۱۴۰
آبکش شده	۱۰	۳/۲۶	۰/۳۲۶	۲/۵۵	۰/۱۰۵
کته	۱۰	۳۸۱/۵۵	۳۸/۱۵	۲/۲۱	۰/۱۴

بر اساس نتایج آزمون DuNcan، بین میانگین‌های مقادیر کادمیوم و سرب به‌طور جداگانه در نمونه‌های برنج شستشو داده شده با آب و آبکش شده، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت

### بحث

برنج یکی از اقلام پرمصرف غذایی است که در معرض آلودگی به فلزات سنگین قرار دارد. با توجه به اینکه تجمع‌پذیری فلزات سنگین در بافت‌های بدن انسان و اثرات سوء آن بر بدن باعث بیماری و سرطان‌زایی می‌شود، کنترل بیشینه فلزات سنگین در برنج، یکی از مواردی است که برای حفظ سلامت مصرف‌کنندگان و رسیدن به ایمنی غذایی باید مورد توجه قرار گیرد (۹). در مطالعه حاضر بین میزان باقی‌مانده فلز سنگین کادمیوم برنج خام در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بیشترین میزان کادمیوم و سرب در برنج خام در غرب قائم‌شهر مشاهده شد که با توجه به بررسی موقعیت جغرافیایی منطقه غرب شهرستان قائم‌شهر، رودخانه تلار و کمربندی بابل که از این منطقه می‌گذرد، یکی از دلایل عمده آلودگی برنج این منطقه به فلزات سنگین سرب و کادمیوم مربوط می‌شود. این نتایج با مطالعه موردا - پینرو و همکاران (۲۰۰۳) که در کشورهای آسیایی و آفریقایی (۳۶ نمونه از کشورهای آسیایی، ۱۸ نمونه از کشورهای آفریقایی، ۳۱ نمونه با منشأ ناشناخته) انجام دادند، همخوانی داشت. در مطالعه مذکور تفاوت میزان فلزات سنگین در مناطق مختلف جغرافیایی ثابت شد (۱۳). تحقیقات مختلف نیز نشان داده‌اند که یکی از علل اصلی آلودگی برنج به سرب و کادمیوم در مناطق مختلف، آبیاری مزارع با فاضلاب‌های آلوده به فلزات سنگین و نشت فاضلاب

به اینکه متغیرهایی مانند محیط و منطقه جغرافیایی، نحوه کشت محصول، واریته برنج، فصول و شرایط خاک، مهم‌ترین عوامل تغییر در عناصر نمونه‌های برنج هستند، بنابراین تفاوت موجود ممکن است مربوط به این عوامل باشد (۱۸).

پیشنهادات: با توجه به اینکه روش‌های پخت سهم بسزایی در کاهش فلزات سنگین دارند، لازم است که با اطلاع‌رسانی و آموزش‌های لازم به خانواده‌ها در جهت خیساندن برنج به مدت ۳ ساعت و ۳ بار شستشو با آب فراوان، گامی بزرگ در جهت کاهش فلزات سنگین برنج برداشته شود. همچنین توجه شود که فاضلاب‌های صنعتی تأثیر بسزایی بر آلودگی مواد غذایی به فلزات سنگین دارند، لذا لازم است که اقدامات لازم جهت جلوگیری از آلودگی آب و خاک به پساب‌های صنعتی صورت گیرد.

### نتیجه‌گیری

میزان فلزات سنگین کادمیوم و سرب در نمونه‌های برنج مورد مطالعه بالاتر از حد مجاز استاندارد ایران بود. همچنین میزان این فلزات در برنج خام در مناطق مختلف متغیر بود و این نشان‌دهنده تأثیر مناطق مختلف بر میزان باقی‌مانده این فلزات در برنج خام می‌باشد. بنابراین تا حد امکان از کشت برنج در نزدیکی کارخانجات صنعتی می‌بایست ممانعت به عمل آید. میزان فلزات سنگین کادمیوم و سرب در نمونه‌ها خام بیشتر از زمانی بود که روی نمونه‌ها فرآیندهای شستشو و پخت انجام شد، بنابراین روش‌های مناسب شستشو و پخت جهت کاهش هرچه بیشتر این فلزات در برنج می‌بایست آموزش داده شود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حوزه بخش پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی آیت الله آملی واحد آمل سپاسگزاری می‌گردد.

کارخانه‌ها به آب مورد استفاده برای آبیاری سطح زیر کشت برنج می‌باشد (۱۶). در دو مطالعه جداگانه که لویی و همکاران (۲۰۰۶) و لیونگ و همکاران (۲۰۰۶) در چین انجام دادند، نزدیکی مزارع برنج به مراکز صنعتی و آلوده شدن آب و خاک به فاضلاب آن‌ها، عامل تجمع فلزات سنگین و خصوصاً سرب، کادمیوم و آرسنیک گزارش شد (۱۷،۲). مطالعه حاضر اثر روش‌های مختلف فرآیند پخت برنج بر میزان باقی‌مانده دو فلز سنگین کادمیوم و سرب را معنی‌دار نشان داد. اثربخش‌ترین روش پخت برنج به صورت آبکش و بالاترین میزان فلزات سنگین در پخت برنج به صورت کته می‌باشد. این نتایج نیز با مطالعه مورکیان و همکاران (۲۰۱۳) که در ایران انجام شد، مطابقت داشت. در مطالعه مذکور تعداد ۱۸ مقاله طی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۹۴ مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج کلی حاصل از این مطالعه نشان داد که تأثیر روش پخت بر کاهش فلزات سنگین بسیار مؤثر است. ذکر این مطلب نیز حائز اهمیت است که با توجه به نوع فلزات سنگین، روش پخت تأثیرات متفاوتی را می‌تواند بر کاهش فلزات داشته باشد. در فلز کادمیوم اثر کاهشی پخت بسیار ناچیز و نهایتاً ۱۵-۱۰ درصد گزارش شد، ولی برای فلز سرب به دلیل جذب سطحی فلزات سنگین، روش پخت را بسیار تأثیرگذار تشخیص دادند (۶). تحقیقات نشان داده‌اند که لایه سطحی دانه برنج غنی‌ترین بخش آن از نظر وجود عناصر فلزی است و به همین دلیل می‌توان انتظار داشت که غلظت این عنصر تحت تأثیر شستشو و پخت قرار گیرد (۱۰). در مطالعه زازولی و همکاران (۲۰۱۰) در ایران که بر روی ۷۲ نمونه برنج در مازندران با دو روش پخت آبکش و کته انجام شد، محتوای متوسط سرب در برنج خام  $11/5 \pm 6/4$  میکروگرم بر گرم و میزان سرب در نوع آبکش کمتر از نوع کته بود. همچنین میزان سرب به دست آمده بسیار بیشتر از میزان استاندارد بود که با مطالعه حاضر همخوانی داشت (۱۵). در مطالعه هدایتی‌فرو همکاران (۲۰۱۱) در ایران، میزان غلظت فلز کادمیوم و سرب در نمونه‌های برنج خام به ترتیب  $0/37 \pm 0/06$  و  $0/077 \pm 0/08$  میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که کمتر از حد مجاز می‌باشد. با توجه

## References:

1. Naseri M, Rahmanikhah Z, Beiygloo V, Ranjbar S. 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. *J Chem Health Risks* 2014; 4(2): 65–72.
2. Louie P, Liu W, BiX, Fu J, Wong M, Deng W. 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(69): 45-55.
3. Elzahabi M, Yong R. pH influence on sorption characteristics of heavy metal in the vadose zone. *Eng Geol* 2001;60(1):61-8.
4. Adibi H, Mazhari M, Bidaki K, Mahmodi M. The effect of washing and soaking on decreasing heavy metals (Pb, Cd and As) in the rice distributed in Kermanshah in 2011. *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences* 2016;17(10):1-9. (Persian)
5. Rezaian Attar F, Hesari J. A Study on contamination of white rice by cadmium, lead and arsenic in Tabriz. *Journal of Food Research (Agricultural Scienc)* 2013; 23 (4): 581-94. (Persian)
6. MorekianR, Rezaee E, Azadbakht L, Mirlohi M. Cooking elements affecting on heavy metal concentration in rice. 2013;2013 (Nutrition Supplement): 1394-1405.
7. Dehghani M, Mosaferi F. Determination of Heavy Metals (Cadmium, Arsenic and Lead) in Iranian, Pakistani and Indian rice Consumed in Hormozgan Province, Iran. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 2016; 26(134): 363-7. (Persian).
8. Chaney RL, Reeves PG, Ryan JA, Simmons RW, Welch RM, Angle JS. 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* 2004;17: 549-53.
9. Mosayebi M, Mirzaee H. Determination of Mycotoxin Contamination and Heavy Metals in Edible Rice Imported to Golestan Province. *Iranian Journal of Health and Environment* 2013;6(4): 503-14. (Persian)
10. Mihucz V, Silversmit G, Szalóki I, Samber B, Schoonjans T, Tatár E. 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.
11. 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 SoilSci* 2011;11(15): 115-25.
12. Meharg A. Arsenic in rice – understanding a new disaster for South-East Asia. *Trends Plant Sci* 2004;9(9): 415-17.
13. Moreda-Piñeiro A, Fisher A, Hill SJ. The classification of tea according to region of origin using pattern recognition techniques and trace metal data. *J Food Comp Anal* 2003;16(2): 195-211.
14. Shokrzadeh M, Rokni MA, Galstvan. Lead, Cadmium, and Chromium Concentrations in Irrigation Supply of/and Tarom Rice in Central Cities of Mazandaran Province-Iran. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 2013; 23(98): 234-242. (Persian)
15. Zazouli MA, Mohsenibandpei A, Ebrahimi M, Izanloo H. Investigation of Cadmium and Lead contents in Iranian rice cultivated in Babol Region. *Asian J Chem* 2010;22(2): 1369-76.
16. Eslami A, Jahehed Khaniki GHR, Nurani M, Mehrasbi M, Peyda M, Azimi R. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Zanjanrood River Zanjan, Iran. *J Biol Sci* 2007;7 (6): 943-8.
17. Leung A, Cai Z, Wong M. Environmental contamination from electronic waste recycling at Guiyu, southeast China. *J Mater Cycles Waste* 2006;8 (1): 21-33.
18. Hedayatifar R, Falahi E, Birjandi M. Determination of Cadmium and Lead levels in high consumed rice (*Oryza Sativa L.*) cultivated in Lorestan province and its comparison with national standards. *Yafte Journal of Medical Sciences* 2011;12(4): 15-22. (Persian)