

## پایش میزان مایکوتوکسین‌ها و فلزات سنگین نمونه‌های برنج و آرد برنج ایرانی جمع آوری شده از سطح استان کرمان

انیسه زارعی جلیانی<sup>۱</sup>، محبوبه رضایی<sup>۱</sup>، نجمه خادمی پور<sup>۲\*</sup>، انوشه شریفان<sup>۳</sup>

۱-دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.

۲-گروه بیوتکنولوژی مواد غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۳-گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۰۰/۳/۹	<p><b>مقدمه:</b> برنج یکی از پرتولیدترین و پرمصرف‌ترین غلات در آسیا و نیز غذای اصلی اغلب خانواده‌های ایرانی است. فلزات سنگینی چون آرسنیک، سرب، کادمیوم و مایکوتوکسین‌هایی مثل آفلاتوکسین B1 و آفلاتوکسین کل، اکراتوکسین و برخی تریکوتسن‌ها، مستعد تجمع در بافت برنج می‌باشند. تغذیه انسان با برنج موجب ورود این مواد سمی و خطرناک به بدن شده و سبب ایجاد ناراحتی‌های عصبی گردیده و با پتانسیل بالای سرطان زایی، مخاطرات جدی برای سلامت انسان به‌وجود می‌آورند.</p> <p><b>روش‌ها:</b> در این پژوهش، تعداد ۱۰ نمونه برنج و آرد برنج تولید داخل کشور، در سطح عرضه شهر کرمان به طور تصادفی جمع‌آوری شده و از نظر مایکوتوکسین‌های دی‌اکسی‌نیوالنول، زیرالنون، اکراتوکسین A، آفلاتوکسین (G1,G2,B1,B2)، کادمیوم، سرب و آرسنیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای بررسی آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ و آزمون‌های مقایسه میانگین دانکن و آزمون T استفاده شد.</p> <p><b>نتایج:</b> نتایج نشان داد که تمام نمونه‌های برنج ایرانی با برندهای مختلف موجود در سطح استان کرمان، از نظر میزان آفلاتوکسین B1، آفلاتوکسین کل (مجموع G1,G2,B1,B2)، دی‌اکسی‌نیوالنول، زیرالنون و میزان فلزات سنگین کادمیم، سرب و آرسنیک پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ایران بوده‌اند.</p> <p><b>نتیجه‌گیری:</b> برنج‌ها و آرد برنج ایرانی برای مصرف‌کنندگان مخاطره‌ای ندارد و دارای استانداردهای لازم سم‌شناسی می‌باشد.</p>
پذیرش مقاله: ۰۰/۳/۲۷	
<b>کلمات کلیدی:</b>	
برنج	
تریکوتسن‌ها	
آفلاتوکسین	
اکراتوکسین	
آرسنیک	
سرب	



استناد (ونکوور): زارعی جلیانی الف، رضایی م، خادمی پور ن، شریفان الف. پایش میزان مایکوتوکسین‌ها و فلزات سنگین نمونه‌های برنج و آرد برنج ایرانی جمع آوری شده از سطح استان کرمان. مجله پژوهشنامه حلال. بهار ۱۴۰۰؛ ۱(۴):۲۴-۳۵.

### مقدمه

امروزه بحران جمعیت در اقصی نقاط دنیا، موجب گسترش شهرنشینی و نیاز وسیع به مواد غذایی شده است (۱)، و از آنجا که مقادیر چشم‌گیری از مواد غذایی توسط جانداران موذی و آفات و حشره‌ها از بین می‌روند، بشر بر آن شده است که با کاربرد سموم دفع آفات نباتی، به مبارزه با انگل‌ها و موجودات موذی پرداخته (۲)، و با استفاده گسترده‌تر از کودهای شیمیایی، روند تولید محصولات غذایی را بهبود بخشد. این اقدامات همچنان که تأثیر سریعی بر

حذف آفات دارد، در کنار انبارداری غیر اصولی، معضلات پیچیده‌ای برای سلامتی انسان‌ها به‌جای می‌گذارد (۳). در دنیا، ذرت پرتولیدترین و پس از آن برنج در رده دوم تولیدات کشاورزی می‌باشد (۴). مصرف عمده برنج مربوط به کشورهای آسیایی است و ایران نیز از جمله مصرف‌کنندگان بزرگ آن می‌باشد (۵). به‌گونه‌ای که در قاره کهن، قسمت عمده کلری دریافتی روزانه با سهم ۷۰-۶۰ درصد در یک جمعیت دو میلیارد نفری از طریق برنج و سایر محصولات

\* نویسنده مسئول: نجمه خادمی پور، آدرس پست الکترونیکی: khademinajme@gmail.com، شماره تماس: ۰۹۱۳۹۳۸۸۵۹۷



اکراتوکسین A (OTA) را می‌توان نام برد که یک ایزوکومارین کلرینه است که از فنیل‌آلانین به وجود می‌آید و بوسیله برخی گونه‌های پنیسیلیوم و آسپرژیلوس تولید می‌شود و موجب جلوگیری از سنتز پروتئین می‌شود. این مایکوتوکسین از طرف آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان<sup>۱</sup> (IARC) در گروه B2 برای انسان، جای گرفته است (۱۴). تریکوتسن‌ها نیز ساختارهای حلقوی تتراسیکلیک هستند که از فوزاریوم‌ها حاصل می‌شوند و به واسطه عامل هیدروکسیل و استوکی به چهار نوع A, B, C, D دسته‌بندی می‌گردند. دی‌اکسی‌نیوالنول<sup>۲</sup> (DON) و نیوالنول<sup>۳</sup> (NIV) نیز از دیگر تریکوتسن‌ها می‌باشند که در دنیا مورد توجه هستند (۱۵). البته در مقایسه با دیگر تریکوتسن‌ها، DON سمیت زیادی ندارد ولی جزء آلاینده‌های اصلی در غلات می‌باشد (۱۶). زیرالنون<sup>۴</sup> (ZEN) که به‌عنوان توکسین F-2 نیز شناخته می‌شود، یک مایکوتوکسین غیراستروئیدی، و مشتق حلقوی اسید لاکتون می‌باشد (۱۷)، و به دلیل داشتن خواص لیپولیتیک و غیریونیزه بودن به سرعت از طریق غشاء، جذب می‌شود. این سم موجب بلوغ زودرس و نیز بروز سرطان پستان می‌گردد (۱۸).

در سال‌های اخیر مطالعات ارزشمندی در زمینه آلودگی غذاها به سموم و فلزات و پایش‌های ویژه‌ای در همین خصوص صورت پذیرفته است که شایان توجه می‌باشد. بنابراین، این پژوهش به هدف بررسی نمونه‌های برنج و آرد مصرفی در استان کرمان از نظر میزان آلودگی‌های مایکوتوکسینی نظیر دی‌اکسی‌نیوالنول، زیرالنون، اکراتوکسین A، آفلاتوکسین و فلزاتی مثل کادمیوم، سرب و آرسنیک انجام گردیده است.

### مواد و روش‌ها

در این بررسی، نمونه‌های برنج و آرد برنج مورد آنالیز، از فروشگاه‌های معتبر مواد غذایی در شهر کرمان جمع‌آوری شدند. نمونه‌برداری طبق اصول نمونه‌برداری از محصولات

فرعی آن دریافت می‌گردد (۶). خاک به واسطه عوامل مختلفی چون تخلیه زباله و فاضلاب‌های شیمیایی و کودها و سموم دفع آفات و مواردی از این قبیل آلوده می‌شود. فلزات سنگین، از مهم‌ترین آلاینده‌های خاک هستند و به واسطه کاشت محصولات کشاورزی در خاک آلوده، فلزات، جذب و ذخیره‌سازی شده و به زنجیره غذایی راه یافته و در ارگان‌های بدن انباشته شده و سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد (۷). از طرفی بیشینه رواداری فلزات سنگین، در برنج برای سلامتی انسان‌ها و در بحث ایمنی غذایی، چالش برانگیز می‌باشد چرا که فلزات سنگین، تجزیه زیستی ندارند و با تجمع در بدن باعث تأثیر گسترده بر سیستم اعصاب می‌شود و خواص سرطان‌زایی دارد (۸). سرب، کادمیوم، آرسنیک، نیکل و جیوه فلزات سنگینی هستند که در مقادیر بسیار اندک، سمی و خطرناک می‌باشند. کادمیوم موجب مشکلات کلیوی، ریوی و آسیب‌های استخوانی شده (۹)، و سرب علی‌الخصوص در کودکان موجب حملات عصبی و تشنج می‌گردد. منبع اصلی این فلزات، ترکیبات صنعتی و کودهای فسفاته است که به‌سادگی به وسیله گیاه جذب می‌گردند (۱۰).

زنجیره غذایی انسان‌ها، همچنین می‌تواند به مایکوتوکسین‌ها آلوده شود. مایکوتوکسین‌ها، سمومی هستند که توسط قارچ‌ها تولید می‌شوند و متابولیت ثانویه می‌باشند و می‌توانند باعث مشکلات سلامتی و قدرت باروری در حیوانات شوند (۱۱).

خطر آلودگی به توکسین‌های قارچی، نگرانی عمده در زمینه سلامت دانه‌های غلات دارد، و مشکل آفرین می‌شود (۱۲). آفلاتوکسین‌ها از انواع مایکوتوکسین‌ها هستند که عمدتاً توسط آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می‌شوند (۵). از بین انواع آن چهار نوع شناخته شده‌تر هستند که انواع B1, B2, G1 و G2 نام دارند. سمی‌ترین آنها B1 است و دارای بیشترین میزان در غذاها می‌باشد (۱۳). از دیگر مایکوتوکسین‌های آلوده‌کننده برنج،

<sup>3</sup> Nivalenol

<sup>4</sup> Zearalenone

<sup>1</sup> International Agency for Research on Cancer

<sup>2</sup> Dioxynivalenol

PBS، به مخزن منتقل شده و بدون فشار از ستون عبور داده شد. ۵۵ میلی‌لیتر عصاره رقیق شده با سرعت یک تا دو قطره در ثانیه از ستون عبور داده، ستون با ۱۵ میلی‌لیتر، PBS شستشو و در نهایت به مدت ۵ ثانیه به وسیله فشار هوای مثبت خشک شد. در آخر، ۱۵۰۰ میکرولیتر متانول - اسید استیک به نسبت حجمی ۹۸ حجم متانول و ۲ حجم اسید استیک که از ستون عبور کرد، در ویال تمیز جمع آوری شده و به ویال ۱۵۰۰ میکرولیتر، آب دیونیزه افزوده و با ورتکس به هم زده و به دستگاه تزریق شد (۲۰). برای تنظیمات دستگاهی، حجم لوپ، ۱۰۰ میکرولیتر، حجم تزریق ۱۰۰ میکرولیتر، فاز متحرک شامل آب، استونیتریل، اسید استیک به ترتیب به میزان ۷/۷٪، ۴۹/۵، ۴۹/۵، ۱، در نظر گرفته شده و از آشکارساز فلورسانس با طول موج برانگیختگی ۳۳۳ و طول موج نشر ۴۷۷ نانومتر استفاده شد.

#### روش آزمون اندازه گیری زیرالنون به روش HPLC

به‌طور خلاصه، به ۲۵ گرم نمونه آسیاب شده، ۱ گرم نمک افزوده شد و محتویات ظرف با ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال استخراجی (۸/۴ حجم استونیتریل، ۱/۶ حجم آب) به مدت ۳ دقیقه با مخلوط کن دور بالا مخلوط و عصاره به‌دست آمده توسط کاغذ صافی، صاف، و از عصاره صاف شده ۱۰ میلی‌لیتر با ۶۵ میلی‌لیتر آب دیونیزه رقیق و محلول رقیق شده از GFF عبور داده شد. ۶۵ میلی‌لیتر از عصاره رقیق شده جهت عبور از ستون ایمنوافینیتی برداشته شد. پس از رسیدن دمای ستون ایمنوافینیتی به دمای اتاق، مخزن، توسط آداپتور به سرستون متصل و ۱۰ میلی‌لیتر، PBS به مخزن منتقل، و بدون فشار از ستون عبور داده شد. ۶۵ میلی‌لیتر از عصاره رقیق شده، با سرعت یک تا دو قطره در ثانیه از ستون عبور داده، ستون با ۱۵ میلی‌لیتر، PBS شستشو شده و در نهایت به مدت ۵ ثانیه، به وسیله فشار هوای مثبت خشک شد. در آخر، ۲۰۰۰ میکرولیتر متانول از ستون عبور داده

کشاورزی به‌صورت تصادفی انجام گرفت (۱۹). ۱۰ نمونه برنج مصرفی و ۱۰ نمونه آرد برنج تولید داخل ایران، از مراکز خرید معتبر سطح شهر کرمان نمونه‌برداری شدند. کلیه مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده مناسب برای کروماتوگرافی<sup>۵</sup> و تجزیه آزمایشگاهی از شرکت مرک<sup>۶</sup> و سیگما آلدریج<sup>۷</sup> آلمان تهیه شد.

#### اندازه‌گیری مایکوتوکسین‌ها

نمونه‌ها پس از جمع‌آوری و تمیز کردن، به آزمایشگاه همکار اداره استاندارد در شهر کرمان منتقل و جهت یکنواخت و همگن‌سازی نمونه، با مش ۲ میلی‌متری، آسیاب شدند. سپس آزمون آفلاتوکسین B1، آفلاتوکسین کل، اکراتوکسین، زیرالنون و دئوکسی‌نیوالنول با روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا<sup>۸</sup> (HPLC) ساخت کمپانی واترز<sup>۹</sup> آمریکا و مجهز به اتوسمپلر و آشکارساز فلورسانس و خالص سازی با ستون ایمنوافینیتی (ساخت شرکت Libios کشور آمریکا)، مطابق استاندارد ملی ایران به شماره های ۶۸۷۲، ۹۲۳۸، ۹۲۳۹ و ۱۰۲۱۵ توسط محقق، انجام شدند.

#### روش آزمون اندازه‌گیری اکراتوکسین A به روش HPLC

به ۲۵ گرم نمونه آسیاب شده، ۱ گرم نمک اضافه شد. محتویات ظرف با ۱۰۰ میلی‌لیتر، حلال استخراجی (۸/۴ حجم استونیتریل و ۱/۶ حجم آب)، به مدت ۳ دقیقه با مخلوط کن دور بالا مخلوط شدند. عصاره به‌دست آمده توسط کاغذ صافی و آتمن صاف گشته و از عصاره صاف شده ۱۰ میلی‌لیتر را با ۵۰ میلی‌لیتر، بافر محلول نمکی فسفات<sup>۱۰</sup> (PBS) رقیق نموده، محلول رقیق شده از فیلترهای فایبر گلاس<sup>۱۱</sup> (GFF) عبور داده شده و ۵۵ میلی‌لیتر از عصاره رقیق شده جهت عبور از ستون ایمنوافینیتی برداشته شد. پس از رسیدن دمای ستون ایمنوافینیتی به دمای اتاق، مخزن توسط آداپتور به سرستون متصل و ۱۰ میلی‌لیتر از

<sup>9</sup> Waters

<sup>10</sup> Phosphate Buffer Saline

<sup>11</sup> Glass Fiber Filter

<sup>5</sup> Chromatography

<sup>6</sup> Merck

<sup>7</sup> Sigma Aldrich

<sup>8</sup> High Performance Liquid Chromatography

## روش آزمون اندازه گیری دئوکسی نیوانول به روش HPLC

به ۲۵ گرم نمونه آسیاب شده، ۲/۵ گرم نمک اضافه شد. محتویات ظرف، با ۱۰۰ میلی لیتر حلال استخراجی (آب) به مدت ۳۰ دقیقه با مخلوط کن دور بالا مخلوط شد. عصاره به دست آمده، توسط کاغذ صافی، صاف شده و از عصاره صاف شده، ۱۰ میلی لیتر، با ۶۰ میلی لیتر آب دیونیزه رقیق و محلول رقیق شده از GFF عبور داده شد. ۴۰ میلی لیتر از عصاره رقیق شده، جهت عبور از ستون ایمنوافینیتی برداشته شد. پس از رسیدن دمای ستون ایمنوافینیتی به دمای اتاق، مخزن توسط آداپتور به سر ستون متصل شده و ۱۰ میلی لیتر از PBS، به مخزن منتقل شده و بدون فشار از ستون عبور داده شد. ۴۰ میلی لیتر از عصاره رقیق شده، با سرعت یک تا دو قطره در ثانیه از ستون عبور داده شد. ستون با ۱۵ میلی لیتر، PBS، شستشو داده و در نهایت به مدت ۵ ثانیه به وسیله فشار هوای مثبت خشک شد. در آخر ۲۰۰۰ میکرولیتر متانول که از ستون عبور داده شده بود، در ویال تمیز، جمع آوری شد. به ویال ۲۰۰۰ میکرولیتر آب دیونیزه افزوده و با ورتکس به هم زده و به دستگاه تزریق شد (۲۳). تنظیمات دستگاهی به صورت حجم لوپ ۱۰۰ میکرولیتر، حجم تزریق ۱۰۰ میکرولیتر، فاز متحرک شامل آب، استونیتریل به نسبت ۷/۷، ۱۰،۹۰ درصد در نظر گرفته و از آشکارساز UV با طول موج برانگیختگی ۲۰۰ تا ۲۷۰ نانومتر استفاده شد. با استفاده از محلول‌های استاندارد کاری مختص هر مایکوتوکسین، محلول‌های استاندارد کالیبراسیون، تهیه شد. منحنی کالیبراسیون با تزریق غلظت‌های معینی از محلول‌های مایکوتوکسین مورد نظر به دستگاه HPLC (کمپانی واترز آمریکا مدل ۲۶۹۵) رسم شد. تزریق و جداسازی، تشخیص و تعیین مقدار مایکوتوکسین به روش فاز معکوس کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، با استفاده از ستون فاز معکوس C18، اندازه ستون ۲۵ سانتی متر و مشتق ساز کبری سل و دتکتور فلورسانس از طریق مقایسه سطح زیر پیک منحنی استاندارد با نمونه برنج مجهول، با در نظر گرفتن ضریب رقت بر حسب نانو گرم بر گرم، محاسبه گردید.

شده و در ویال تمیز جمع آوری شد. به ویال، ۲۰۰۰ میکرولیتر آب دیونیزه افزوده و با ورتکس به هم زده و به دستگاه تزریق شد (۲۱).

برای تنظیمات دستگاهی حجم لوپ ۱۰۰ میکرولیتر، حجم تزریق، ۱۰۰ میکرولیتر، فاز متحرک، شامل آب، استونیتریل به نسبت ۷/۷، ۵۲/۴۷،۷/۳ استفاده شده و آشکارساز فلورسانس با طول موج برانگیختگی ۲۷۵ و طول موج نشر ۴۵۰ نانومتر در نظر گرفته شد.

## روش آزمون اندازه گیری آفلاتوکسین به روش HPLC

به ۲۵ گرم نمونه آسیاب شده، ۲/۵ گرم نمک اضافه شد. محتویات ظرف با ۱۰۰ ml میلی لیتر، حلال استخراجی (۸۰ حجم متانول ۲۰ حجم آب)، به مدت ۳۰ دقیقه با مخلوط کن دور بالا مخلوط و عصاره به دست آمده، توسط کاغذ صافی، صاف و از عصاره صاف شده، ۱۰ میلی لیتر با ۶۰ میلی لیتر، آب دیونیزه رقیق و محلول رقیق شده از GFF عبور داده شد. ۴۰ میلی لیتر از عصاره رقیق شده، جهت عبور از ستون ایمنوافینیتی برداشته شد. پس از رسیدن دمای ستون ایمنوافینیتی به دمای اتاق، مخزن توسط آداپتور به سرستون، متصل و ۱۰ میلی لیتر، PBS به مخزن منتقل، و بدون فشار از ستون عبور داده شد. ۴۰ میلی لیتر از عصاره رقیق شده با سرعت یک تا دو قطره در ثانیه از ستون عبور داده شد. ستون با ۱۵ میلی لیتر، PBS، شستشو شده و در نهایت به مدت ۵ ثانیه به وسیله فشار هوای مثبت خشک شد. در آخر، ۲۰۰۰ میکرولیتر متانول که از ستون عبور داده شده، در ویال تمیز جمع آوری شد و به ویال، ۲۰۰۰ میکرولیتر آب دیونیزه افزوده، با ورتکس به هم زده و به دستگاه تزریق شد (۲۲). برای تنظیمات دستگاهی، حجم لوپ، ۱۰۰ میکرولیتر، حجم تزریق، ۱۰۰ میکرولیتر، فاز متحرک شامل آب، متانول، استونیتریل به نسبت ۷/۷، ۱۸/۲، ۲۷/۳، ۵۴/۵ استفاده شد و از آشکارساز فلورسانس، با طول موج برانگیختگی ۳۶۰ و طول موج نشر ۴۴۰ نانومتر، استفاده گردید.

## آزمون فلزات سنگین

در یک سیستم در بسته با اسید نیتریک هضم شده و یون آرسنیک پنج ظرفیتی در مجاورت یدید پتاسیم به یون بوروهیدرید تبدیل و قبل از اتمی شدن در سلول کوارتز با شعله گرم شد. طیف سنجی جذب اتمی مجهز به لامپ دوتریوم، در طول موج ۱۹۳/۷ انجام شد (۲۴).

## آنالیز آماری:

برای مقایسه میانگین نمونه‌های برنج و آرد برنج جمع‌آوری شده از آزمون تعقیبی دانکن پس از اجزای One Way Anova استفاده و بررسی تفاوت در میانگین پارامترهای مورد ارزیابی بین برنج و آرد برنج نیز با آزمون T انجام شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ استفاده و سطح معنی‌داری، ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

## نتایج

جدول ۱. نتایج مقایسه میانگین مایکوتوکسین و فلزات سنگین در ۱۰ نمونه از برنج‌های جمع‌آوری شده از سطح استان کرمان

نمونه	ارسنیک (ppb)	سرب (ppb)	کادمیوم (ppb)	دئوکسی نیوالنول (ppb)	اکراتوکسین (ppb)	زیرالنون (ppb)	آفلاتوکسین کل (ppb)	آفلاتوکسین B1 (ppb)
نمونه ۱	۰/۰۰۱±۰/۰۶۳	۰/۰۰۳±۰/۰۷۴	۰/۰۰۱±۰/۰۰۲	.	.	.	.	.
نمونه ۲	۰/۰۰۲±۰/۰۰۹	۰/۰۰۱±۰/۰۷۴	۰/۰۰۳±۰/۰۰۲	.	.	.	.	.
نمونه ۳	۰/۰۰۱±۰/۰۸۲	۰/۰۰۲±۰/۰۶۹	۰/۰۰۱±۰/۰۰۲	.	.	.	.	.
نمونه ۴	۰/۰۰۳±۰/۰۷۸	۰/۰۰۱±۰/۱۱۶	۰/۰۰۱±۰/۰۰۲	.	.	.	.	.
نمونه ۵	۰/۰۰۱±۰/۱۸۹	۰/۰۰۱±۰/۰۲۵	۰/۰۰۲±۰/۰۰۳	.	.	.	۰/۰۰۲±۰/۰۵۲	۰/۰۰۱±۰/۰۰۳
نمونه ۶	۰/۰۰۱±۰/۰۰۸	۰/۰۰۳±۰/۰۹۵	۰/۰۰۱±۰/۰۹۵	.	.	.	۰/۰۰۱±۰/۰۰۴	۰/۰۰۱±۰/۰۰۴
نمونه ۷	۰/۰۰۲±۰/۰۷۵	۰/۰۰۱±۰/۰۵۶	۰/۰۰۲±۰/۰۰۳	.	.	.	.	.
نمونه ۸	۰/۰۰۱±۰/۰۰۹	۰/۰۰۴±۰/۰۷۶	۰/۰۰۱±۰/۰۰۸	.	.	.	.	.
نمونه ۹	۰/۰۰۲±۰/۰۲۵	۰/۰۰۱±۰/۰۷۴	۰/۰۰۲±۰/۰۰۷	.	.	.	.	.
نمونه ۱۰	۰/۰۰۱±۰/۰۰۲	۰/۰۰۱±۰/۰۵۷	۰/۰۰۱±۰/۰۰۶	.	۰/۰۰۱±۰/۲/۱	۰/۰۰۲±۱/۹۱	۰/۰۰۳±۰/۳۵	۰/۰۰۱±۰/۳۵

در نمونه‌های برنج جمع‌آوری شده نیز بررسی شد و نتایج نشان داده است که بیشترین سطح آفلاتوکسین کل به ترتیب ۰/۳۵ppb، ۰/۴، ۰/۵۲، بوده است. میزان سموم زیرالنون و اکراتوکسین و دئوکسی نیوالنول نیز بررسی شد. میزان این سموم در تمام نمونه‌های مورد بررسی صفر بوده

برای اندازه‌گیری سرب و کادمیوم، از روش طیف‌سنجی نوری جذب اتمی<sup>۱۲</sup> (AAS) با کوره گرافیتی (شرکت واریان آمریکا)، طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۹۶۸ استفاده شد. روش کار به این صورت بود که نمونه پس از اینکه خشک شد در کوره در محدوده دمای ۴۵۰±۵۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۶ ساعت خاکستر گردید (خاکستر باقیمانده کاملاً سفید رنگ شده)، پس از آن، به خاکستر، محلول ۶ مولار اسید کلریدریک اضافه گردید و تا حد خشک شدن، تبخیر شد. باقیمانده در محلول اسید نیتریک ۰/۱ مولار حل شده و در نهایت به روش طیف سنجی جذب اتمی با استفاده از کوره گرافیتی در طول موج مربوطه به هر عنصر انجام شد. اندازه‌گیری آرسنیک به روش جذب اتمی بر اساس تولید هیدرید انجام شد. در این روش برای اندازه‌گیری آرسنیک، مواد آلی

با توجه به جدول ۱، بیشترین میزان آفلاتوکسین B1، به میزان ۰/۴ppb بوده است و پس از آن، مقادیر ۰/۳۵bbp و ۰/۳ppb از این مایکوتوکسین در دو نمونه برنج، شناسایی شده و در سایر نمونه‌ها، میزان آفلاتوکسین B1 غیرقابل شناسایی و نزدیک به صفر بوده است. میزان آفلاتوکسین کل

<sup>12</sup> Atomic Absorption Spectroscopy

بیشترین و کمترین میزان سرب به ترتیب ۰/۱۱۶ و ۰/۲۵ ppb بوده است که با هم و با سایر نمونه‌های آزمون تفاوت معنی‌داری را نشان داده اند ( $p \leq 0.05$ ). بیشترین میزان آرسنیک ۸۹ ppb و کمترین آن ۰/۰۲ ppb تعیین مقدار گردید.

است. بیشترین میزان کادمیوم ۰/۹۵ ppb بوده و با سایر نمونه‌های آزمون اختلاف آماری معنی‌داری را داشته است ( $p \leq 0.05$ ). بعد از آن، بیشترین میزان ۰/۲ ppb بوده و کمترین آنها ۰/۰۰۲ ppb کادمیوم داشته و در یک گروه دانکن قرار گرفتند اما با متوسط میزان کادمیوم در سایر نمونه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری را داشته اند ( $p \leq 0.05$ ).

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین مایکوتوکسین و فلزات سنگین در ۱۰ نمونه از آرد برنج‌های جمع‌آوری شده از سطح استان کرمان

	آرسنیک (ppb)	سرب (ppb)	کادمیوم (ppb)	دئوکسی نیوالنول (ppb)	اکراتوکسین (ppb)	زیرالنون (ppb)	آفلاتوکسین کل (ppb)	آفلاتوکسین B1 (ppb)
نمونه ۱	b./۰.۰۳±۰/۰۵	d./۰.۰۱±۰/۰۱۷	a./۰.۰۱±۰/۰۴۵	.	.	.	.	.
نمونه ۲	d./۰.۰۱±۰/۰۲۵	d./۰.۰۱±۰/۰۰۲	d./۰.۰۲±۰/۰۰۳	.	.	.	.	.
نمونه ۳	d./۰.۰۱±۰/۰۲۹	a./۰.۰۱±۰/۰۹۱	d./۰.۰۱±۰/۰۰۲	.	.	.	c./۰.۰۱±۰/۰۹۳	c./۰.۰۱±۰/۰۹۳
نمونه ۴	b./۰.۰۳±۰/۰۶۵	ab./۰.۰۱±۰/۰۶۵	d./۰.۰۱±۰/۰۱۲	.	.	.	a./۰.۰۱±۰/۰۲۵	a./۰.۰۱±۰/۰۲۸
نمونه ۵	c./۰.۰۱±۰/۰۳۸	c./۰.۰۱±۰/۰۳۹	c./۰.۰۱±۰/۰۲۱	.	.	.	b./۰.۰۱±۰/۰۱۷	b./۰.۰۱±۰/۰۱۷۸
نمونه ۶	b./۰.۰۳±۰/۰۵۳	b./۰.۰۳±۰/۰۵۱	c./۰.۰۱±۰/۰۳۵	.	.	.	a./۰.۰۱±۰/۰۲۳	a./۰.۰۱±۰/۰۲۳
نمونه ۷	ab./۰.۰۳±۰/۰۶۵	c./۰.۰۱±۰/۰۳۹	c./۰.۰۱±۰/۰۲۷	.	.	.	.	.
نمونه ۸	ab./۰.۰۳±۰/۰۰۶	d./۰.۰۱±۰/۰۱۶	d./۰.۰۱±۰/۰۰۹	.	.	.	.	.
نمونه ۹	b./۰.۰۳±۰/۰۵۹	b./۰.۰۳±۰/۰۵۴	c./۰.۰۳±۰/۰۲۶	.	.	.	a./۰.۰۱±۰/۰۲۵	a./۰.۰۱±۰/۰۲۵
نمونه ۱۰	a./۰.۰۱±۰/۰۸۷	b./۰.۰۱±۰/۰۶۹	b./۰.۰۳±۰/۰۲۶	.	.	.	b./۰.۰۱±۰/۰۱۷۸	b./۰.۰۱±۰/۰۱۷۸

بیشترین میزان آفلاتوکسین کل ۲/۸ ppb بوده که با سایر نمونه‌ها اختلاف آماری معنی‌داری داشته‌اند ( $p \leq 0.05$ ). میزان زیرالنون، اکراتوکسین و دئوکسی نیوالنول در تمام نمونه‌ها ناچیز و نزدیک به صفر بوده است. بیشترین و کمترین میزان کادمیوم به ترتیب ۰/۴۵ ppb و ۰/۰۰۲ ppb بوده که به طور معنی‌دار و در سطح اطمینان ۹۵٪ با هم تفاوت آماری معنی‌داری را داشته‌اند ( $p \leq 0.05$ ).

بیشترین میزان سرب ۰/۹۱ ppb تعیین مقدار شد و کمترین میزان سرب در دو نمونه ۰/۰۲ ppb و ۰/۰۱۶ ppb اندازه‌گیری شد که با هم اختلافی نداشته و با سایر نمونه‌ها اختلاف مشاهده شده معنی‌دار بوده است ( $p \leq 0.05$ ). میزان آرسنیک نمونه‌های آزمون نیز پس از بررسی و مقایسه

میزان سموم آفلاتوکسین، اکراتوکسین، زیرالنون و دئوکسی نیوالنول در نمونه‌های آرد برنج جمع‌آوری شده بررسی و نتایج به صورت جدول ۲ گزارش شده است. مطابق با جدول ۲، بیشترین میزان آفلاتوکسین B1، در آرد برنج، ۲/۵ ppb شناسایی شده که با سایر نمونه‌های آزمون، تفاوت آماری معنی‌داری را داشته‌اند ( $p \leq 0.05$ ) و بعد از آن نمونه‌های دارای ۱/۷ ppb از این آفلاتوکسین، مقادیر بعدی را داشته که با هم تفاوت آماری معنی‌داری نداشته اما با سایر نمونه‌ها با اختلاف آماری مشاهده شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است ( $p \leq 0.05$ ). و سایر نمونه‌های آزمون میزان آفلاتوکسین قابل شناسایی نداشته‌اند. میزان آفلاتوکسین کل نیز بررسی و با استناد به نتایج جدول ۲،

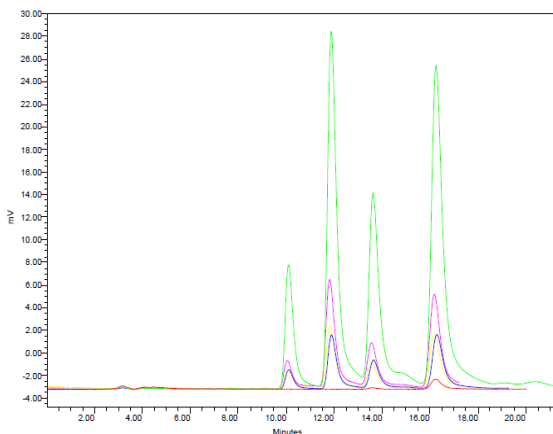
نداشتند اما با سایر نمونه‌ها تفاوت مشاهده شده معنی‌دار بوده است. کمترین میزان آرسنیک ۰/۰۲۵ و ۰/۰۲۹ بوده است که با سایر نمونه‌ها تفاوت مشاهده شده معنی‌دار بوده است ( $p \leq 0.05$ ).

میانگین دانکن در جدول ۲ بیان شده است. بیشترین میزان آرسنیک ۰/۰۸۷ مشاهده شد که با سایر نمونه‌ها به غیر از نمونه ۷ و ۸ تفاوت آماری معنی‌دار داشته است ( $p \leq 0.05$ ). نمونه‌های ۱، ۴، ۶، ۷ و ۸ نیز با هم تفاوت آماری معنی‌دار

جدول ۳. مقایسه آفلاتوکسین، کادمیوم، سرب و آرسنیک در برنج و آرد برنج

اختلاف خطای استاندارد	اختلاف میانگین	Sig. (2-tailed)	df	t
۰/۳۵	-۱/۰۶۶	۰/۰۰۷	۱۸	-۳/۰۱۳
۰/۳۵	-۱/۰۶۶	۰/۰۱۴	۹/۴۲	-۳/۰۱۳
۰/۳۷	-۱/۰۹۶	۰/۰۰۹	۱۸	-۲/۹۳
۰/۳۷	-۱/۰۹۶	۰/۰۱۶	۹/۵۸	-۲/۹۳
۰/۱۰۲	-۰/۰۰۶	۰/۵۶	۱۸	-۰/۵۹
۰/۱۰۲	-۰/۰۰۶	۰/۵۶	۱۳/۳۹	-۰/۵۹
۰/۱۰۹	۰/۰۲۴	۰/۰۳۶	۱۸	۲/۲۷۲
۰/۱۰۹	۰/۰۲۴	۰/۰۳۶	۱۷/۹۸	۲/۲۷۲
۰/۱۰۰	۰/۰۱۶	۰/۱۱۸	۱۸	۱/۶۴۱
۰/۱۰۰	۰/۰۱۶	۰/۱۲۰	۱۶/۲۱	۱/۶۴۱

نمونه‌های برنج بیشتر از نمونه‌های آرد برنج بوده است اما این تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است ( $p > 0.05$ ). در ادامه، کروماتوگرام‌های شناسایی شده برای سموم موجود در برنج به صورت اشکال ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱. کروماتوگرام جذب سموم قارچی آفلاتوکسین کل

نتیجه‌ی مقایسه آفلاتوکسین و فلزات سنگین بین نمونه‌های برنج و آرد برنج با آزمون t، در جدول ۳ بیان شده است. با استناد به جدول ۳ تفاوت آفلاتوکسین B1، بین نمونه‌های برنج و آرد برنج در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار بوده است ( $p \leq 0.05$ ) و آفلاتوکسین B1، در نمونه‌های آرد برنج برابر با ۱/۱۷ بوده است که با هم تفاوت آماری معنی‌دار داشته است ( $p \leq 0.05$ ). میزان آفلاتوکسین کل نیز در نمونه‌های آرد برنج به طور معنادر بالاتر از نمونه‌های برنج بوده است ( $p \leq 0.05$ ). میزان کادمیوم نیز در نمونه‌های آرد برنج بیشتر از نمونه‌های برنج بوده است اما این اختلاف معنی‌دار نبوده است. میزان سرب در نمونه‌های برنج بیشتر از نمونه‌های آرد برنج بوده است و اختلاف مشاهده شده نیز معنی‌دار بوده است ( $p \leq 0.05$ ).

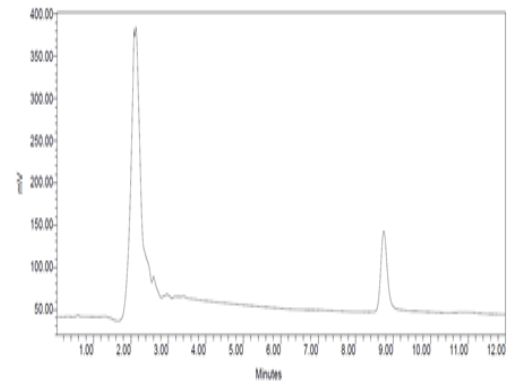
اختلاف میزان آرسنیک در نمونه‌های برنج و آرد برنج نیز بررسی و نتایج نشان داد با اینکه میزان آرسنیک در

همکاران (۲۹)، صورت گرفته به اثر دما، شرایط محیطی و فصلی بر میزان تولید آفلاتوکسین‌ها تأکید شده است. در این پژوهش نیز، وجود آفلاتوکسین در برخی از نمونه‌ها ممکن است به دلیل شرایط نگهداری و حمل و نقل بوده باشد.

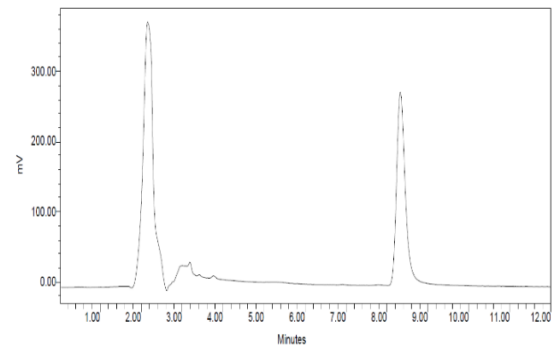
انبارداری صحیح و اصولی، حفاظت از محصول در مقابل رطوبت، حشرات و فاکتورهای محیطی، نگهداری محصول روی سطح خشک و تمیز و استفاده از افزودنی‌هایی که رشد کپک‌ها را کاهش دهد؛ راه‌کارهایی هستند که باید در مراحل پس از برداشت برنج اجرا شود تا بتوان از سلامت مواد غذایی اطمینان حاصل نمود. جلوگیری از رشد قارچ‌ها در فرآیندهای پس از برداشت و شرایط مناسب انبارداری می‌تواند تولید آفلاتوکسین و خطرات آن را کنترل نماید، ضمن این که کاهش میزان آفلاتوکسین به وسیله‌ی ترکیبات طبیعی بی‌خطر یا تیمار با ازون پیشنهاد می‌گردد (۳۰). پیشنهادهایی نیز می‌توان در زمینه‌ی جلوگیری از آلودگی میکروبی فرآورده‌های غذایی ارائه نمود که از آن جمله رعایت یک چرخه‌ی کنترل بهداشتی دقیق در مراحل تولید، حمل و نقل، نگهداری مواد خام اولیه و محصول و بسته بندی در دمای کمتر از ۲۰ درجه‌ی سانتیگراد جهت کاهش فسادهای قارچی و میکروبی می‌باشد (۲۹). طبعی و همکاران در پژوهشی بر روی انواع مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی بیان داشتند که غلظت آفلاتوکسین در کلیه نمونه‌ها، به جز نمونه‌های پاکستانی، کمتر از حد تشخیص بود (۳۱). کلانتری و همکاران نیز بیان داشتند که میزان مایکوتوکسین‌های شناسایی شده در برنج، با توجه به منطقه و استان متفاوت بوده است اما در بیشتر موارد کمتر از حد مجاز قابل قبول توسط استاندارد ایران بوده است (۳۲).

## ۲- بررسی فلزات سنگین در برنج و آرد برنج

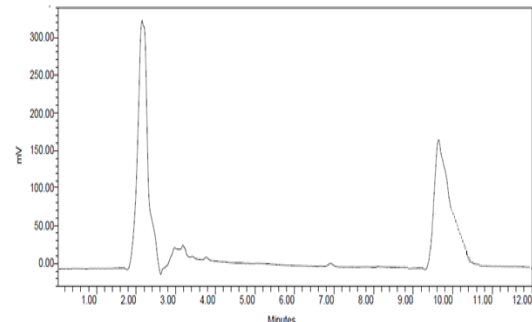
در این پژوهش، میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب و آرسنیک بررسی شد و نتایج نشان داد که تمام نمونه‌های آزمون حاوی این عناصر بوده‌اند. حد مجاز میزان کادمیوم در نمونه‌های برنج بر اساس استاندارد ۱۲۹۶۸ ایران، ۰/۰۶ و در نمونه‌های آرد برنج ۰/۰۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است



شکل ۲. کروماتوگرام جذب سموم قارچی زیرالنون



شکل ۳. کروماتوگرام جذب سموم قارچی اکراتوکسین



شکل ۴. کروماتوگرام جذب سموم قارچی آفلاتوکسین، آکراتوکسین و زیرالنون و دنوکسی نیوالنون

## بحث

### ۱- بررسی مایکوتوکسین در نمونه‌های برنج و آرد برنج

با توجه به استاندارد شماره ۶۸۷۲، بیشینه مجاز آفلاتوکسین B1، در برنج و آرد برنج برابر با ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است و تمام نمونه‌های آزمون شده در گستره‌ی استاندارد قرار داشتند. اثر شرایط نامناسب انبارداری و عدم تهویه‌ی مناسب، نقش مهمی در تحریک تولید مایکوتوکسین خواهد داشت (۲۵). در تحقیقاتی که توسط دانشمندانی نظیر ردی و همکاران (۲۶-۲۷)، بتناگر و همکاران (۲۸)، و فرجی و



فلزات سنگین در برنج‌های خوراکی وارداتی به استان گلستان پرداختند و گزارش کردند که تمام نمونه‌ها از نظر مایکوتوکسین‌ها و فلزات سنگین در محدوده‌ی استاندارد قرار داشته‌اند که مطابق با نتایج این پژوهش می‌باشد. زیارتی و مصلحی شاد نیز در بررسی خود با عنوان بررسی میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در برنج ایرانی و وارداتی مصرفی شهر تهران بیان داشتند که میزان سرب و کادمیوم در برنج‌های هندی موجود در شهر تهران بیشتر از حد مجاز استاندارد ایران بوده‌است، لازم به ذکر است که استانداردهای WHO/FAO و استاندارد JECFA<sup>۱۵</sup> برای فلزات سنگین برنج و آرد برنج برابر با ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بالاتر از استاندارد ایران است.

### نتیجه‌گیری

با توجه به پژوهش انجام شده، مشخص شد که تمام نمونه‌های برنج ایرانی با برندهای مختلف موجود در سطح استان کرمان، از نظر میزان آفلاتوکسین B1، آفلاتوکسین کل، دئوکسی نیوالنول، زیرالنون و میزان فلزات سنگین کادمیم، سرب و آرسنیک پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ایران بوده‌اند و برای مصرف خوراکی قابل قبول می‌باشند در مورد آردهای برنج موجود در سطح استان نیز، نتایج نشان از رعایت استانداردهای مرتبط داشته‌است، میزان آفلاتوکسین کل و آفلاتوکسین B1، در نمونه‌های آرد برنج بیشتر از برنج بوده‌است، با این حال در محدوده‌ی استاندارد قرار داشته‌است و استفاده از انواع آردهای برنج ایرانی موجود در بازار کرمان خطری برای سلامتی مصرف کننده به دنبال نخواهد داشت.

### تضاد منافع

نتایج حاصل از این مطالعه با منافع نویسندگان و محققان در تعارض نیست.

با توجه به این عدد، تمام نمونه‌های مورد آزمون در محدوده‌ی قابل قبول بودند. حد مجاز سرب و آرسنیک در برنج برابر با ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در آرد برنج برابر با ۰/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که نمونه‌های این پژوهش در گستره‌ی استاندارد و کمتر از این میزان بوده‌اند. تحقیقات پیرامون میزان انتقال فلزات سنگین از خاک به برنج و انتقال آنها به زنجیره غذایی نشان داده‌است که مصرف برنج‌های کشت شده در مزارع سبب جذب میزان بالایی از فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بدن شده و آبیاری اراضی با پساب‌های صنعتی تجمع این فلزات را در برنج‌های زراعی افزایش داده‌است (۳۳). وجود آرسنیک در برنج می‌تواند به طبیعت خاص و بخصوص استفاده از سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی مربوط باشد. به نظر می‌رسد، آلودگی هوا، استفاده از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات می‌توانند مهم‌ترین عوامل رسوب آرسنیک در خاک‌های کشاورزی باشند. سنگ فسفات که در تولید کود و مواد شوینده مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم آرسنیک باشد (۳۳، ۲۹). قراچورلو و ناجی طبسی و همکاران بیان داشتند که بیشترین مقدار فلزات سنگین در برنج‌های پاکستانی، پس از آن در برنج‌های هندی و سپس ایرانی وجود داشته‌است. بررسی غلظت فلزات سنگین روی و آرسنیک در برنج شهرستان فیروزآباد نشان داده‌است که غلظت فلز آرسنیک در ۱۰۰ درصد نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی<sup>۱۳</sup> (WHO) / سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد<sup>۱۴</sup> (FAO) بوده‌است. که با نتایج این پژوهش مغایر است (۳۴، ۳۵). رضایی و همکاران در پژوهش خود بر روی برنج‌های موجود در سطح استان هرمزگان، بیان داشتند که میزان فلزات سرب، کادمیوم و آرسنیک در برنج‌های ایرانی موجود کمتر از برنج‌های وارداتی هندی و پاکستانی بوده‌است. مسیبی و میرزایی (۳۶)، نیز به بررسی مایکوتوکسین و

### References

1. World Health Organization & International Programme on Chemical Safety. Lindane (gamma-

HCH: health and safety guide. World Health Organization.; 1991. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41418>

<sup>15</sup> Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

<sup>13</sup> World Health Organization

<sup>14</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations

2. Clarke E. Isolation and Identification of Drugs. London: Pharmaceutical Press; 1969; 2: 905-1975.
3. Arjmandi R, Shayeghi M, Tavakol M. HPTLC Method's Application for the Study of Diazinon Concentration in the Rice Paddies. Human & Environment. 2009; 7(2): 14-21.
4. Karajibani M, Merkazee A, Montazerifar F. Determination of Aflatoxin in the Imported Rice in Zahedan, South-East of Iran. 2011, 2013. <http://dx.doi.org/10.17795/jhealthscope-10736>
5. Yazdanpanah H, et al. Analysis of Aflatoxin B1 in Iranian Foods Using HPLC and a Monolithic Column and Estimation of Its Dietary Intake. Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR. 2013; 12(Suppl): 83.
6. Castells M, et al. Reduction of Aflatoxins by Extrusion-Cooking of Rice Meal. Journal Of Food Science. 2006; 71(7): C369-C377. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00122.x>
7. Zhao K, et al. Contamination and Spatial Variation of Heavy Metals in the Soil-Rice System in Nanxun County, Southeastern China. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015; 12(2):1577-94. <https://doi.org/10.3390/ijerph120201577>
8. Lin, H.-T, Wong S.-S, Li G.-C. Heavy Metal Content of Rice and Shellfish in Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis. 2004; 12(2): 167-74. <http://dx.doi.org/10.38212/2224-6614.2649>
9. Zazouli M.A, et al. Determination of Cadmium and Lead Contents in Black Tea and Tea Liquor from Iran. Asian Journal of Chemistry. 2010; 22(2): 1387.
10. Lawley R, Curtis L, Davis J. The Food Safety Hazard Guidebook. U.K.: Cambridge: RSC Publishing (Royal Society of Chemistry); 2012. <https://doi.org/10.1039/9781849734813>
11. Duarte S.C., Lino C.M, Pena A. Food Safety Implications of Ochratoxin A in Animal Derived Food Products. The Veterinary Journal. 2012. 192(3): 286-92. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.11.002>
12. Hadiyan Z, et al. Incidence of Ochratoxin A in Rice of Chain Stores in Tehran at 1386. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2009; 4(2): 53-9. <http://nsft.sbm.ac.ir/article-1-197-en.html>
13. Mohammadi M, et al. Aflatoxins in Rice Imported to Bushehr, a Southern Port of Iran. American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences. 2012; 4(1): 31-5. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejts.2012.4.1.56350>
14. Monaci L, Palmisano F. Determination of Ochratoxin A in Foods: State-of-the-Art and Analytical Challenges. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2004; 378(1): 96-103. <http://dx.doi.org/10.1007/s00216-003-2364-5>
15. Marin S, et al. Mycotoxins: Occurrence, Toxicology, and Exposure Assessment. Food and Chemical Toxicology. 2013; 60: 218-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>
16. Bhattacharya K.R. Rice Quality: A Guide to Rice Properties and Analysis. 2011: Elsevier.
17. Bennett J.W, Klich M. Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews. 2003; 16(3): 497-516. <https://doi.org/10.1128/cmr.16.3.497-516.2003>
18. Yazar S, Gulden Z, Omurtag. Fumonisin, Trichothecenes and Zearalenone in Cereals. International Journal of Molecular Sciences. 2008; 9: 2069-90. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms9112062>
19. Foods and agricultural products method of sampling for official control of the levels of mycotoxins in food stuffs. Iran, I.o.S.a.I.R.o, 2008. <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=13467>
20. Iran, I.o.S.a.I.R.o., Foodstuffs cereal and cerealís products determination of ochratoxin A by HPLC method and immunoaffinity column clean up test method. 2011 <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=33408>
21. Iran, I.o.S.a.I.R.o., Foodstuffs cereal and cerealís products determination of zearalenon by HPLC method and immunoaffinity column clean up-Test method. 2011. <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=35766>
22. Iran, I.o.S.a.I.R.o., Food and feed stuff determination of aflatoxins B&G by HPLC method using immuno affinity column clean up Test method. 2011. <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=35764>
23. Iran, I.o.S.a.I.R.o., Cereal and cereal products determination of deoxynivalenole by HPLC method and DONSPE column clean up Test method. 2011 <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=33305>.
24. Iran, I.o.S.a.I.R.o., Food & Feed maximum limit of heavy metals. 2010. <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=3036>
25. Zuoxin L, Junxia G, abJiujiang Y. Aflatoxin in Stored Maize and Rice Grains in Liaoning, China. Journal of Stored Products Research. 2006; (42): 11. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2005.09.003>
26. Reddy K.R.N, Reddy C.S. Mycotoxigenic Fungi, Mycotoxins and Management of Rice Grains. Toxin Reviews. 2008;(27): 30. <https://doi.org/10.1080/15569540802432308>

- 27.Reddy K.R.N, Reddy C.S, Muralidharan K. Detection of Aspergillus spp. and Aflatoxin B1 in Rice in India. Food Microbiology. 2009;(26): 4. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.07.013>
- 28.D B, et al. Mycotoxin Contaminating Cereal Grain Crops: Their Occurrence and Toxicity. Applied Mycology and Biotechnology. 2004;(2): 171-96. [https://doi.org/10.1016/S1874-5334\(02\)80010-7](https://doi.org/10.1016/S1874-5334(02)80010-7)
- 29.Faraji H, Tabatabaei F, Kafilzadeh F, Nasiri M. Investigation of total aflatoxins in consumed rice at Mashhad city in the summer and winter. Science and Technology of food. 2010;2(2): 11- 17. [In Persian]
- 30.Zorlugeng B, et al. The Influence of Gaseous Ozone and Ozonated Water on Microbial Flora and Degradation of Aflatoxin B1 in Dried Figs. Food and Chemical Toxicology. 2008;46(12):3593-97. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.003>
31. Naji-Tabasi S, et al. Study of Quality Characteristics, Microbial Contamination, Heavy Metals and Toxins in Different Types of Internal and Imported Rice. Journal of Food Hygiene. 2020; 10(39):95-110. <http://dx.doi.org/10.30495/jfh.2021.1912384.1290>
- 32.Kalantari H, et al., Mycotoxin Contamination of Consumed Rice in Iran: A Review. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 2020; 15(4): e94663. <https://dx.doi.org/10.5812/jjnpp.94663>
- 33.Skandari A, Mohammadi Rozbahani M, Payandeh K. Health Assessment of Heavy Metals Pollutions in Some of Imported and Cultivated Rice of Karoon River (Case study: Shadegan City). Food Hygiene. 2019; 9(35): 13-24.
- 34.Gharachorloo M, et al. Arsenic Tracking in Iranian Rice: Analysis of Agricultural Soil and Water, Unpolished Rice and White Rice. Journal of Food Biosciences and Technology. 2019; 9(1): 19-34
- 35.Rezaei L, et al. Concentration of Cadmium, Arsenic, and Lead in Rice (*Oryza Sativa*) and Probabilistic Health Risk Assessment: A Case Study in Hormozgan province, Iran. Environmental Management and Health Journal. 2021; 8(2):67-75.
36. Mosayebi M, Mirzaee H. Determination of Mycotoxin Contamination and Heavy Metals in Edible Rice Imported to Golestan Province. ijhe. 2014; 6 (4):503-14. <http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5232-fa.html>

## Monitoring the level of microbial toxins and heavy metals in Iranian rice samples and Iranian rice flour collected from Kerman province

Aniseh Zarei Jalyani<sup>1</sup>, Mahboubeh Rezaei<sup>1</sup>, Najme khademipour<sup>2\*</sup>, Anusheh Sharifan<sup>3</sup>

1- Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.

2- Department of Food Biotechnology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran University of Science and Research.

3- Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Food Industry Engineering, University of Science and Research, Tehran, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

**Received:** 30 May 2021

**Acceptance:** 17 June 2021

#### **Keywords:**

Rice

Trichothecenes

Aflatoxin

Ochratoxin

Arsenic

Lead

**Introduction:** Rice is one of the most consumed cereals in Asia and the leading food of most Iranian families. Heavy metals such as arsenic, lead, cadmium, and mycotoxins such as aflatoxin B1 and total aflatoxin, ochratoxin, and some trichothecenes are susceptible to accumulation in rice tissue. Human nutrition with rice causes the entry of these toxic and dangerous substances into the body and causes neurological distress, and, with high carcinogenic potential, creates severe risks to human health.

**Methods:** In this study, ten samples of rice and rice flour produced in Iran were randomly collected at the supply level of Kerman city and evaluated for deoxynivalenol, xylene, ochratoxin A, aflatoxin G1, G2, B1, B2), cadmium, lead, and arsenic. SPSS software and Duncan mean comparison tests and T-test were used for statistical analysis.

**Results:** The results showed that all samples of Iranian rice with different brands in Kerman province, in terms of aflatoxin B1, total aflatoxin (total G1, G2, B1, B2), deoxynivalenol, zearalenone, and heavy metals cadmium, lead and arsenic were lower than the Iranian standard limit.

**Conclusion:** Iranian rice and flour are not dangerous for consumers and have toxicology standards.



Use your device to scan and read the article online



**Citation (Vancouver):** Zarei Jalyani A, Rezaei M, khademipour N, Sharifan A. Monitoring the level of microbial toxins and heavy metals in Iranian rice samples and Iranian rice flour collected from Kerman province. Journal of Halal Research. Spring 2021; 4(1): 24-35. [In Persian]

<https://doi.org/10.30502/H.2021.288505.1076>

\*Correspondance to: Najme khademipour, Email: khademinajme@gmail.com, Tel: +98-09139388597

