

Investigation of Aflatoxin B1 and Ochratoxin A Contamination in Rice and Corn Supplied in Bandar Abbas City

Ayda ghanbari

Department of Food Hygiene, Shk.C.,
Islamic Azad University, ShahreKord,
Iran.

Najmeh Vahed dehkordi

* Department of Food Hygiene,
Shk.C., Islamic Azad University,
ShahreKord, Iran. **(Corresponding
Author)**

najmeh.vaheddehkordi@iau.ir

Ebrahim Rahimi

Department of Food Hygiene, Shk.C.,
Islamic Azad University, ShahreKord,
Iran.

Abstract

Background and Objective: Today, mycotoxins are considered as critical contaminants and highlight the importance of food safety for human health. The invasion of toxic fungi and the production of mycotoxins are highly variable and depend on the climate, crop, and storage method. The aim of this study was to investigate the presence of Aflatoxin B1 and Ochratoxin A in rice and corn supplied in Bandar Abbas City.

Materials and Methods: First, 96 samples including 48 corn samples and 48 rice samples were sampled from the supply sites and transferred to the laboratory. Independent sample t.test, ANOVA, and Duncan test were used to compare means, and Chi-Square test was used to compare the frequency percentages.

Results: The results showed that all corn and rice samples were contaminated with Aflatoxin B1 and Ochratoxin A; But none of the samples had contamination beyond the Iranian standard. The average contamination for corn and rice with aflatoxin B1 was 2.79 and 3.21 µg/kg, and the average contamination for corn and rice with ochratoxin A was 33.75 and 3.01 µg/kg, respectively. Statistical analyses showed that there was no statistical difference between the levels of contamination with aflatoxin and ochratoxin among different food samples.

Conclusion: Exposure to mycotoxins in various foods is inevitable and concerns about their health effects are increasing. The results of the present study showed that the consumption of corn and rice supplied in Bandar Abbas city cannot pose any worrying risks to the health of consumers.

Keywords: aflatoxin B1, ochratoxin A, rice, corn, food safety

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Received: 2025/04/25

Accepted: 2025/08/26

Doi:10.22038/jreh.2025.27119

► **Citation:** ghanbari A, Vahed dehkordi N, Rahimi E. Investigation of Aflatoxin B1 and Ochratoxin A Contamination in Rice and Corn Supplied in Bandar Abbas City. *Journal of Research in Environmental Health*. 11(3):113-123.

بررسی آلودگی به آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در برنج و ذرت عرضه شده در شهرستان بندرعباس

آیدا قنبری

گروه بهداشت مواد غذایی، واحد
شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد،
ایران.

نجمه واحد دهکردی

* گروه بهداشت مواد غذایی، واحد
شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد،
ایران. (نویسنده مسئول)

najmeh.vaheddehkordi@iau.ir

ابراهیم رحیمی

گروه بهداشت مواد غذایی، واحد
شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد،
ایران.

چکیده

زمینه و هدف: امروزه، مایکوتوکسین‌ها به‌عنوان آلاینده‌های حیاتی در نظر گرفته می‌شوند و اهمیت ایمنی مواد غذایی را برای سلامت انسان برجسته می‌کنند. تهاجم قارچ‌های سمی و تولید مایکوتوکسین‌ها بسیار متغیر است و به آب و هوا، محصول زراعی و شیوه ذخیره‌سازی بستگی دارد. هدف از این مطالعه بررسی وجود آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در برنج و ذرت عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس بود.

مواد و روش‌ها: ابتدا ۹۶ نمونه شامل ۴۸ نمونه ذرت و ۴۸ نمونه برنج از محل‌های عرضه نمونه‌گیری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. از آزمون‌های آماری Independent sample t.test و ANOVA و تست Duncan برای مقایسه میانگین‌ها و از آزمون کای‌دو (Chi-Square) برای مقایسه درصد فراوانی‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تمامی نمونه‌های ذرت و برنج به آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A آلوده بودند؛ اما هیچ‌کدام از نمونه‌ها، آلودگی فراتر از استاندارد ایران را نداشتند. میانگین آلودگی برای ذرت و برنج به آفلاتوکسین B1 $2/79$ و $3/21$ میکروگرم بر کیلوگرم و میانگین آلودگی برای ذرت و برنج به اکراتوکسین A به‌ترتیب $33/75$ و $3/01$ میکروگرم بر کیلوگرم بود. آنالیزهای آماری نشان‌داد اختلاف آماری بین میزان آلودگی به آفلاتوکسین و اکراتوکسین در بین نمونه‌های غذایی مختلف وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: قرار گرفتن در معرض مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی مختلف، اجتناب ناپذیر است و نگرانی‌ها در مورد اثرات سلامتی آن‌ها در حال افزایش است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف ذرت و برنج‌های عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس نمی‌تواند مخاطرات نگران‌کننده‌ای برای سلامت مصرف‌کننده ایجاد کند.

کلیدواژه‌ها: آفلاتوکسین B1، اکراتوکسین A، برنج، ذرت، ایمنی غذایی

◀ **استناد:** قنبری آ، واحد دهکردی ن، رحیمی ا. بررسی آلودگی به آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در برنج و ذرت عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس. فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط. پاییز ۱۴۰۴؛ ۱۱(۳): ۱۱۳-۱۲۳.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴

نوع مقاله: پژوهشی

مایکوتوکسین‌ها ترکیبات سمی هستند که توسط کپک‌های خاصی تولید می‌شوند و در درجه اول مربوط به جنس‌های آسپرژیلوس، پنی‌سیلیوم و فوزاریوم می‌باشند (۱). آفلاتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که توسط سه گونه قارچ آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس و آسپرژیلوس نومیوس تولید می‌شوند. این سموم بسیاری از غذاهای اصلی را آلوده می‌کنند و نگرانی قابل توجهی برای سلامت عمومی را در پی دارند (۲). چندین نوع آفلاتوکسین در طبیعت وجود دارد و چهار آفلاتوکسین اصلی عبارتند از AFB_1^1 ، AFB_2^2 ، AFG_1^3 و AFG_2^4 که برای انسان و حیوانات خطرناک هستند (۳، ۴). غذاهای اصلی مانند ذرت، بادام زمینی، برنج و شیر به‌شدت در معرض آلودگی آفلاتوکسین هستند و آن‌ها را به تهدیدی واقعی برای امنیت غذایی، ایمنی و سلامت جمعیت تبدیل می‌کند (۵).

میانگین قرار گرفتن در معرض انواع آفلاتوکسین‌ها بین کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به‌دلیل عوامل محرک رشد قارچ‌های تولیدکننده آفلاتوکسین متفاوت است (۶)؛ در نتیجه، قرار گرفتن در معرض آفلاتوکسین از طریق رژیم غذایی با پیامدهای گوناگونی در نقاط مختلف دنیا همراه است. آفلاتوکسین در کبد به متابولیت‌های آفلاتوکسین-اپوکسید تبدیل می‌شوند که مسئول بسیاری از اثرات سمی در بدن هستند. از عوارض مسمومیت با آفلاتوکسین می‌توان به خونریزی، آسیب حاد کبد، ادم و مشکلات گوارشی اشاره کرد و در برخی مواردی نیز سبب مرگ شود (۴).

شواهد فزاینده‌ای نشان می‌دهد که قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض آفلاتوکسین‌ها می‌تواند یک عامل خطر بالقوه برای رشد کودکان، به‌ویژه در کشورهایی که بیشتر مستعد آلودگی به آفلاتوکسین‌ها هستند، باشد؛ با این حال، مکانیسم‌های بیولوژیکی به این صورت است که قرار گرفتن در معرض آفلاتوکسین‌ها ممکن است یکپارچگی روده را مختل کند، متابولیسم کبد را مختل کند و سنتز پروتئین‌ها از جمله فاکتور رشد شبه انسولین

را مهار کند، در نتیجه به سوء جذب، التهاب و عفونت روده کمک کند. بنابراین، اوایل کودکی یک مرحله‌ی حیاتی برای کاهش قرار گرفتن در معرض آفلاتوکسین و جلوگیری از پیامدهای طولانی‌مدت آن در نظر گرفته می‌شود (۷).

در میان این سموم قارچی، آفلاتوکسین B1 (Aflatoxin B1)، از قوی‌ترین سم‌های جهش‌زا محسوب می‌شود که توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان در سال ۲۰۰۲ به‌عنوان سرطان‌زای گروه ۱ طبقه‌بندی شد (۸). چندین بیماری و عوارض سلامتی به‌صورت مزمن با قرار گرفتن در معرض آفلاتوکسین B1 از جمله سرطان کبد، ناباروری در مردان، انسفالوپاتی کبدی، فیبروز بینابینی ریوی و اختلال در رشد در طول دوره‌های حساس رشد مرتبط است (۲).

اکراتوکسین‌ها (Ochratoxins)، به‌عنوان یکی از پنج مایکوتوکسین اصلی (آفلاتوکسین‌ها، اکراتوکسین‌ها، فومونیزین‌ها، زیرالنون و پاتولین)، متابولیت‌های ثانویه جنس‌های آسپرژیلوس و پنی‌سیلیوم هستند. اکراتوکسین توسط میکروارگانیسم‌های روده از طریق هیدرولیز آنزیمی هیدرولیز می‌شود و سیستم سیتوکروم P450 موجود در کبد عمده‌تاً این ترکیب سمی را به اشکال مختلف هیدروکسیله می‌کند که متابولیت‌های مختلف متعاقباً از طریق ادرار و مدفوع دفع می‌شوند (۹).

مطالعه‌ای توسط معمار و همکاران (۲۰۲۴)، با هدف اندازه‌گیری غلظت آفلاتوکسین B1 در نمونه‌های برنج وارداتی به ایران انجام داد؛ نتایج نشان دادند میانگین آلودگی ۵/۷۴۶ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۱۰). مظاهری و همکاران (۲۰۲۳)، پژوهشی با هدف بررسی میزان آلودگی برنج وارداتی به ایران انجام دادند که مشخص شد که ۳۵ درصد از نمونه‌های برنج آلوده به آفلاتوکسین B1 بودند که ۳/۵ درصد نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز ملی تشخیص داده شدند (۱۱)؛ از ۵۱ نمونه ذرت که از چهار استان ایران (فارس، کرمانشاه، خوزستان، مازندران) جمع‌آوری شد، آفلاتوکسین B1 در ۸۰ درصد از نمونه‌های ذرت شناسایی شد (۱۲)؛ این نتایج بیانگر مخاطرات بالقوه‌ی آفلاتوکسین B1 در برنج‌های وارداتی و ذرت است.

¹ Aflatoxin B1

² Aflatoxin B2

³ Aflatoxin G1

⁴ Aflatoxin G2

با توجه به تجزیه و تحلیل آفلاتوکسین در غذا و خوراک، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا^۵ (HPLC) بدون یا با تشخیص فلورسانس، کروماتوگرافی مایع همراه با آشکارساز طیف سنجی جرمی، کروماتوگرافی لایه نازک و سنجش ایمنوسوربنت متصل به آنزیم^۶ (ELISA) اصلی ترین موارد برای تشخیص و ردیابی انواع آفلاتوکسین ها هستند. دستگاه HPLC برای اندازه گیری AFB1 در مواد غذایی است. این به دلیل حساسیت بالا، ویژگی، دقت، استفاده آسان و تکرارپذیری نتایج شناخته شده است، اما گران است و به پرسنل ماهر نیاز دارد که سبب کاهش استفاده از آن شده است (۱۳). با توجه به مخاطرات یادشده و عدم وجود مطالعه ای دقیق در خصوص بررسی میزان آفلاتوکسین در ذرت و برنج در شهرستان بندرعباس، هدف از پژوهش حاضر، بررسی آلودگی به آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در برنج و ذرت عرضه شده در شهرستان بندرعباس است.

روش کار

نمونه گیری

در این مطالعه نمونه گیری در فصول بهار، پائیز، تابستان و زمستان انجام شد، که شامل ۴۸ نمونه ذرت و ۴۸ نمونه برنج بود. نمونه گیری این محصولات به صورت تصادفی از مراکز عرضه ذرت و برنج وارداتی در شهرستان بندرعباس انجام شد. نمونه ها در بسته های پلی اتیلنی به آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی انتقال داده شدند و تا زمان انجام آزمایش در دمای محیط نگهداری شدند.

تشخیص آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A به

روش الیزا

مطابق دستورالعمل شرکت سازنده کیت (EuroProxima, Netherlands)، میزان آفلاتوکسین در نمونه اندازه گیری شد؛ به ترتیب ۵۰ میکرولیتر از محلول های آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A نمونه های آماده سازی شده به حفرات استاندارد آفلاتوکسین میکروپلیت اضافه شد (جهت افزایش دقت کار برای هر نمونه دو حفره در نظر گرفته شد). ۵۰ میکرولیتر محلول کونژوگه شده با آنزیم به حفرات اضافه شده و سپس به مدت ۲ ساعت به دور از نور در

درجه حرارت ۲۵-۲۰ سانتی گراد نگهداری شدند. سپس مایع موجود در حفرات میکروپلیت تخلیه شده و همه حفرات با بافر سالین فسفات شستشو شدند (عمل شستشو دوبار تکرار می شوند). ۵۰ میکرولیتر کروموژن به حفرات اضافه و پس از مخلوط نمودن به مدت ۳۰ دقیقه در درجه حرارت اتاق در تاریکی نگهداری شدند. طی این مرحله رنگ آبی در نمونه ها ایجاد شد. غلظت رنگ با غلظت آفلاتوکسین در نمونه ها و استانداردها نسبت عکس دارند و در نهایت با اضافه نمودن ۱۰۰ میکرولیتر محلول متوقف کننده، در این مرحله رنگ آبی به زرد تبدیل شد. میزان جذب نمونه ها با قرائت کننده مخصوص الیزا در طول موج ۴۵۰ نانومتر قرائت شد. با تقسیم میزان جذب نمونه ها و استانداردها (۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ نانوگرم بر لیتر) در میزان جذب استاندارد صفر، ضرب در ۱۰۰، درصد جذب به دست آمد. بر اساس درصد جذب نمونه های استاندارد و میزان آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A موجود در نمونه های استاندارد، به دست آمد (۱۴، ۱۵).

تجزیه و تحلیل آماری

از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ برای محاسبات و ارزیابی داده ها و از آزمون های آماری Independent sample t.test و ANOVA و تست Duncan برای مقایسه میانگین آلودگی های آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A و از آزمون کای دو (Chi-Square) برای مقایسه درصد نمونه های آلوده استفاده شد و نرم افزار اکسل برای رسم نمودارها به کار برده شد.

یافته ها

نتایج بررسی آلودگی ذرت های عرضه شده در شهرستان بندرعباس به آفلاتوکسین B1 در جدول ۱ مشخص شده است. نتایج نشان دادند از مجموع ۴۸ نمونه ذرت، ۱۰۰ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند؛ اما هیچ کدام از آلودگی ها فراتر از استاندارد ملی ایران، مندرج در وب-سایت اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۵) میکروگرم بر کیلوگرم نبود. به این ترتیب از ۴۸ نمونه، ۲۰/۸۳ درصد در محدوده ی ۱ تا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، ۵۰ درصد در محدوده ی ۲ تا ۴ میکروگرم بر کیلوگرم و ۲۹/۱۷ درصد در محدوده ی ۴ تا ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند.

^۵ High Performance Liquid Chromatography

^۶ Enzyme-linked immuno_sorbent assay

جدول ۱. توزیع فراوانی مطلق و نسبی رخدادهای آلودگی به آفلاتوکسین B1 (میکروگرم بر کیلوگرم) در ذرت عرضه شده در شهرستان بندرعباس

فصل نمونه گیری	تعداد نمونه	موارد آلوده	محدوده آلودگی (میکروگرم بر کیلوگرم)			
			>۱	۱-۲	۲-۴	۴-۵
بهار	۱۲	n	۰	۵	۵	۲
			۰	۴۱/۶۷	۴۱/۶۷	۱۶/۶۷
تابستان	۱۲	n	۰	۳	۶	۳
			۰	۲۵	۵۰	۲۵
پائیز	۱۲	n	۰	۱	۹	۲
			۰	۸/۳۳	۷۵	۱۶/۶۷
زمستان	۱۲	n	۰	۱	۴	۷
			۰	۸/۳۳	۳۳/۳۳	۵۸/۳۳
جمع کل	۴۸	n	۰	۱۰	۲۴	۱۴
			۰	۲۰/۸۳ ^c	۵۰ ^a	۲۹/۱۷ ^b

n: تعداد نمونه. اعداد با حروف کوچک انگلیسی متفاوت، با $p < 0.05$ اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

کیلوگرم) نبود. به این ترتیب از ۴۸ نمونه، ۲۵ درصد در محدوده ۱ تا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، ۵۸/۳۳ درصد در محدوده ۲ تا ۴ میکروگرم بر کیلوگرم و ۱۶/۶۷ درصد در محدوده ۴ تا ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند.

نتایج آلودگی به آفلاتوکسین B1 در برنج‌های عرضه شده در شهرستان بندرعباس در جدول ۲ مشخص شده است. نتایج نشان دادند از مجموع ۴۸ نمونه برنج، ۱۰۰ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند؛ اما هیچ کدام از آلودگی‌ها فراتر از استاندارد ملی ایران، مندرج در وبسایت اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۵) میکروگرم بر

جدول ۲. توزیع فراوانی مطلق و نسبی رخدادهای آلودگی به آفلاتوکسین B1 (میکروگرم بر کیلوگرم) در برنج‌های عرضه شده در شهرستان بندرعباس

فصل نمونه گیری	تعداد نمونه	موارد آلوده	محدوده آلودگی (میکروگرم بر کیلوگرم)			
			>۱	۱-۲	۲-۴	۴-۵
بهار	۱۲	n	۰	۲	۶	۴
			۰	۱۶/۶۷	۵۰	۳۳/۳۳
تابستان	۱۲	n	۰	۲	۹	۱
			۰	۱۶/۶۷	۷۵	۸/۳۳
پائیز	۱۲	n	۰	۴	۶	۲
			۰	۳۳/۳۳	۵۰	۱۶/۶۷
زمستان	۱۲	n	۰	۴	۷	۱
			۰	۳۳/۳۳	۵۸/۳۳	۸/۳۳
جمع کل	۴۸	n	۰	۱۲	۲۸	۸
			۰	۲۵ ^b	۵۸/۳۳ ^a	۱۶/۶۷ ^c

n: تعداد نمونه. اعداد با حروف کوچک انگلیسی متفاوت، با $p < 0.05$ اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

۲/۰۸ درصد در محدوده کمتر از ۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم، ۱۰/۴۱ درصد در محدوده ۱۰ تا ۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم، ۵۲/۰۸ درصد در محدوده ۲۰ تا ۴۰ میکروگرم بر کیلوگرم و ۳۵/۴۳ درصد در محدوده ۴۰ تا ۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم به اکراتوکسین A آلوده بودند.

نتایج بررسی آلودگی ذرت‌های عرضه شده در شهرستان بندرعباس به اکراتوکسین A در جدول ۳ مشخص شده است. نتایج نشان دادند از مجموع ۴۸ نمونه ذرت، ۱۰۰ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند؛ اما هیچ کدام از آلودگی‌ها فراتر از استاندارد ملی ایران، مندرج در وبسایت اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۵۰) میکروگرم بر کیلوگرم) نبود. به این ترتیب از ۴۸ نمونه،

جدول ۳. توزیع فراوانی مطلق و نسبی رخدادهای آلودگی به اکراتوکسین A (میکروگرم بر کیلوگرم) در ذرت عرضه شده در شهرستان بندرعباس

فصل نمونه‌گیری	تعداد نمونه	موارد آلوده	محدوده آلودگی (میکروگرم بر کیلوگرم)			
			>۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۵۰
بهار	۱۲	n	۱	۲	۵	۴
	%	۱۰۰	۸/۳۳	۱۶/۶۷	۴۱/۶۷	۳۳/۳۳
تابستان	۱۲	n	۰	۲	۶	۴
	%	۱۰۰	۰	۱۶/۶۷	۵۰	۳۳/۳۳
پائیز	۱۲	n	۰	۰	۸	۴
	%	۱۰۰	۰	۰	۶۶/۶۷	۳۳/۳۳
زمستان	۱۲	n	۰	۱	۶	۵
	%	۱۰۰	۰	۸/۳۳	۵۰	۴۱/۶۷
جمع کل	۴۸	n	۱	۵	۲۵	۱۷
	%	۱۰۰	۲/۰۸ ^c	۱۰/۴۱ ^c	۵۲/۰۸ ^a	۳۵/۴۳ ^b

n: تعداد نمونه. اعداد با حروف کوچک انگلیسی متفاوت، با $p < 0.05$ اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر دارند.

نتایج بررسی آلودگی برنج‌های عرضه شده در شهرستان بندرعباس به اکراتوکسین A در جدول ۴ مشخص شده است. نتایج نشان دادند از مجموع ۴۸ نمونه برنج، ۱۰۰ درصد به اکراتوکسین A آلوده بودند؛ اما هیچ کدام از آلودگی‌ها فراتر از استاندارد ملی ایران، مندرج در وبسایت اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۵)

میکروگرم بر کیلوگرم) نبود. به این ترتیب از ۴۸ نمونه، ۲/۰۸ درصد در محدوده کمتر از ۱ میکروگرم بر کیلوگرم، ۱۴/۵۸ درصد در محدوده ۱ تا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، ۶۶/۶۷ درصد در محدوده ۲ تا ۴ میکروگرم بر کیلوگرم و ۱۶/۶۷ درصد در محدوده ۴ تا ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به اکراتوکسین A آلوده بودند.

جدول ۴. توزیع فراوانی مطلق و نسبی رخدادهای آلودگی به اکراتوکسین A (میکروگرم بر کیلوگرم) در برنج عرضه شده در شهرستان بندرعباس

فصل نمونه‌گیری	تعداد نمونه	موارد آلوده	محدوده آلودگی (میکروگرم بر کیلوگرم)			
			>۱	۱-۲	۲-۴	۴-۵
بهار	۱۲	n	۰	۰	۷	۵
	%	۱۰۰	۰	۰	۵۸/۳۳	۴۱/۶۷
تابستان	۱۲	n	۱	۲	۸	۱
	%	۱۰۰	۸/۳۳	۱۶/۶۷	۶۶/۶۷	۸/۳۳
پائیز	۱۲	n	۰	۲	۹	۱
	%	۱۰۰	۰	۱۶/۶۷	۷۵	۸/۳۳
زمستان	۱۲	n	۰	۳	۸	۱
	%	۱۰۰	۰	۲۵	۶۶/۶۷	۸/۳۳
جمع کل	۴۸	n	۱	۷	۳۲	۸
	%	۱۰۰	۲/۰۸ ^c	۱۴/۵۸ ^{bc}	۶۶/۶۷ ^a	۱۶/۶۷ ^b

n: تعداد نمونه. اعداد با حروف کوچک انگلیسی متفاوت، با $p < 0.05$ اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر دارند.

براساس نتایج به دست آمده در جدول ۵ و آزمون آماری Independent sample t.test تفاوت معنی‌داری ۰/۰۵ $p <$ بین نمونه‌های ذرت و برنج آلوده به آفلاتوکسین B1 با استاندارد ایران وجود نداشت.

براساس نتایج به دست آمده در جدول ۶ و آزمون آماری Independent sample t.test تفاوت معنی‌داری ۰/۰۵ $p <$ بین نمونه‌های ذرت و برنج آلوده به اکراتوکسین A با استاندارد ایران وجود نداشت.

جدول ۶. مقایسه آلودگی به اکراتوکسین A (میکروگرم بر کیلوگرم) در ذرت و برنج‌های عرضه‌شده در بندرعباس با استاندارد ایران

نوع ماده غذایی	میانگین آلودگی	استاندارد ایران	سطح SD معنی‌داری
ذرت	$33/75 \pm 7/3$	$50 (\mu\text{g/kg})$	$0/118^{ns}$
برنج	$3/01 \pm 0/7$	$5 (\mu\text{g/kg})$	$0/112^{ns}$

اعداد عبارتند از میانگین $\pm$ انحراف معیار ns : تفاوت مقدار آفاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران معنی‌دار نیست ** : تفاوت مقدار آفاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران با احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است ($p < 0/05$).

آلودگی به آفاتوکسین B1 $2/62$ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شد (۲۰). توکلی و همکاران در سال ۲۰۱۴ گزارش دادند $54/8$ درصد از برنج‌های وارداتی و $22/2$ درصد از برنج‌های ایرانی آلوده به آفاتوکسین B1 بودند. بیشترین مقدار آفاتوکسین در برنج ایرانی $1/09$ و در برنج وارداتی $2/46$ میکروگرم بر کیلوگرم بودند. آلودگی این نمونه‌ها پایینتر از بیشینه مجاز استاندارد ملی ایران بود (۲۱). مطالعه‌ای در خوزستان توسط جوزفی و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد که از ۸۵ نمونه نمونه برنج، نتایج نشان داد میزان آفاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در کلیه نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد بود. میانگین غلظت آفاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در نمونه‌ها به ترتیب $4/70$ میکروگرم بر کیلوگرم و $2/02$ میکروگرم بر کیلوگرم بود. (۲۲). مظاهری و همکاران (۲۰۰۹) روی برنج‌های وارداتی به ایران از نظر آفاتوکسین B1 پژوهشی انجام دادند و گزارش دادند میانگین آلودگی به آفاتوکسین در برنج‌های وارداتی $1/89$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۲۳). مطالعه‌ی اسلامی و همکاران به منظور تشخیص وجود آفاتوکسین B1 (AFB1) در ۴۰ نمونه برنج طارم نشان داد که میانگین غلظت آفاتوکسین B1 $2/92$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۲۴). نتایج پژوهش‌های یادشده هم‌راستا با مطالعه حاضر است. تینگ و همکاران در مطالعه‌ای ثابت کردند که قارچ در محیط‌هایی با دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰-۹۴ درصد به بهترین شکل رشد می‌کنند و آفاتوکسین B1 تولید می‌کنند (۲۵). بنابراین کاهش سطح غلظت آفاتوکسین در پژوهش حاضر و مطالعات یادشده، نشان‌دهنده‌ی وضعیت مناسب نگهداری و ذخیره‌سازی برنج است.

پژوهشی توسط معمار و همکاران در ایران (۲۰۲۴)، با هدف اندازه‌گیری آفاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در نمونه‌های برنج انجام شد که میانگین آلودگی به آفاتوکسین B1 $5/74$ و اکراتوکسین $7/44$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۱۰). مظاهری و

جدول ۵. مقایسه آلودگی به آفاتوکسین B1 (میکروگرم بر کیلوگرم) در ذرت و برنج‌های عرضه‌شده در بندرعباس با استاندارد ایران

نوع ماده غذایی	میانگین آلودگی	استاندارد ایران	سطح SD معنی‌داری
ذرت	$2/79 \pm 0/04$	$5 (\mu\text{g/kg})$	$0/118^{ns}$
برنج	$3/21 \pm 0/01$	$5 (\mu\text{g/kg})$	$0/112^{ns}$
سطح معنی‌داری	$0/108^{ns}$	-	-

اعداد عبارتند از میانگین $\pm$ انحراف معیار ns : تفاوت مقدار آفاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران معنی‌دار نیست ** : تفاوت مقدار آفاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران با احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است ($p < 0/05$).

بحث

مایکوتوکسین‌ها، متابولیت‌های ثانویه سمی هستند که عمدتاً توسط آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می‌شوند، به دلیل حضور مکرر در محصولات کشاورزی، غذا و خوراک دام، به‌ویژه در شرایط تغییرات اقلیمی، نگرانی قابل توجهی در مورد سلامت جهانی ایجاد کرده است (۱۶)، در همین راستا تمرکز این پژوهش روی بررسی میزان آفاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در برنج و ذرت عرضه‌شده در شهرستان بندرعباس بود. نتایج این مطالعه نشان داد تمامی نمونه‌های ذرت و برنج به آفاتوکسین B1 و اکراتوکسین A آلوده بودند؛ اما هیچ‌کدام از نمونه‌ها، آلودگی فراتر از استاندارد ایران را نداشتند. میانگین آلودگی برای ذرت و برنج به آفاتوکسین B1 $2/79$ و $3/21$ میکروگرم بر کیلوگرم و میانگین آلودگی برای ذرت و برنج به اکراتوکسین A به ترتیب $33/75$ و $3/01$ میکروگرم بر کیلوگرم بود. این در حالی است که حد مجاز آفاتوکسین B1 مطابق استاندارد ایران، حداکثر ۵ میکروگرم بر کیلوگرم و حد مجاز اکراتوکسین A، ۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم برای ذرت و ۵ میکروگرم بر کیلوگرم برای برنج است (۱۷).

هم‌راستا با مطالعه‌ی حاضر، پژوهشی توسط حسن و همکاران (۲۰۲۲)، در لبنان با هدف تعیین آفاتوکسین B1 در برنج‌ها انجام شد که نشان دادند میانگین آلودگی $2/08$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۱۸). سطح آفاتوکسین B1 در برنج توسط اونگ و همکاران (۲۰۲۲)، در مالزی $2/80$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۱۹). مطالعه‌ای توسط الوان و همکاران (۲۰۲۲) روی برنج عرضه‌شده در امارات متحده عربی انجام شد و نتایج نشان داد ۴۸ نمونه از ۱۲۸ نمونه برنج (۳۸ درصد) به آفاتوکسین آلوده بودند که میانگین آلودگی‌ها $2/69$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۸). پژوهشی با هدف تعیین آفاتوکسین B1 در برنج توسط سانچز و همکاران (۲۰۲۲) در اسپانیا انجام شد. میانگین

همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای گزارش دادند آلودگی برنج‌های وارداتی در ایران به آفلاتوکسین B1، ۳۵ درصد (۱۴۸/۴۲۹) بود. اکراتوکسین A در ۴/۴۳ درصد (۱۹/۴۲۹) از آن‌ها یافت شد. آفلاتوکسین B1 در ۳/۵ درصد و اکراتوکسین در ۱/۳ درصد نمونه‌های برنج بالاتر از حد مجاز ملی تشخیص داده شد (۱۱). پژوهشی توسط ژیا و همکاران (۲۰۲۰)، روی آفلاتوکسین B1 در برنج‌های عرضه‌شده در پاکستان گزارش داد میانگین آلودگی از مجموع ۶۲ نمونه، ۱۱/۵ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۲۶) که فراتر از پژوهش حاضر بودند. این یک واقعیت است که مواد غذایی در برخی از محل‌های عرضه و ذخیره‌سازی به‌طور نامناسبی نگهداری می‌شوند؛ علاوه بر این، رطوبت محیط نگهداری و دمای فراتر از ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نیز رشد قارچ‌های توکسین‌زا را تحریک می‌کند و مهم‌ترین عامل اختلاف بین پژوهش‌های یاد شده با مطالعه‌ی حاضر است. تولید سم‌های حاصل از قارچ‌های توکسین‌زا در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری و شرایط آب‌وهوایی گرم و مرطوب (۱۳ تا ۲۲ درصد) غالب است که به نفع عفونت گونه‌های آسپرژیلوس است. هم‌چنین غلظت مایکوتوکسین‌های مختلف با توجه به مناطق جغرافیایی، تغییرات فصلی، عوامل آب‌وهوایی، فعالیت آب، رطوبت و بستر متفاوت است. سایر عوامل مانند pH می‌توانند منجر به تفاوت بین سطوح آلودگی گزارش‌شده توسط مطالعه‌ی ما و سایر گزارش‌های قبلی شوند (۲۷).

ذخیره‌سازی ذرت دشوارتر و برای رشد قارچ‌ها مساعدتر خواهد بود زیرا میزان آب آن بیشتر از برنج است. علاوه بر این، آب‌وهوای مرطوب و تا حدودی شرجی برای توسعه‌ی مایکوتوکسین‌ها در ذرت و محصولات مبتنی بر ذرت مطلوب است. در همین راستا مطالعه‌ای توسط جایارتان و همکاران در سریلانکا (۲۰۲۰)، گزارش دادند از مجموع ۶۰ نمونه ذرت، میانگین آلودگی به آفلاتوکسین B1 در محدوده‌ی ۶۶-۶۰ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۲۸) پژوهشی در ژاپن توسط نامورا و همکاران (۲۰۱۷)، میزان آلودگی در ذرت را ۴/۶ میکروگرم بر کیلوگرم (۲۹) در ایتالیا آلودگی به آفلاتوکسین B1 در ۶۰ درصد ذرت‌های نمونه‌گیری شده فراتر از استانداردها گزارش شد (۳۰) و در آلبانی نیز میانگین آلودگی آفلاتوکسین B1، ۶۹/۱۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم (۳۱) گزارش دادند. مطالعه‌ی ما با استفاده از روش سنجش ایمنوسوربنت متصل به آنزیم رقابتی (الایزا) انجام شد. تفاوت در روش‌های تحلیلی همچنین ممکن است باعث اختلاف نظر در نتایج و میزان آلودگی نمونه‌ها به مایکوتوکسین شود.

نتیجه‌گیری

در طول فرآیند خشک‌کردن، آلودگی قارچی می‌تواند رخ دهد که می‌تواند باعث تولید انواع مایکوتوکسین‌ها در

حین نگهداری مواد غذایی شود. رشد قارچ‌ها و تولید مایکوتوکسین در مواد غذایی در درجه‌ی اول ناشی از رطوبت بالا و تهویه ناکافی در محل نگهداری است. غلظت آفلاتوکسین B1 و اکراتوکسین A در مواد غذایی می‌تواند تحت تأثیر شرایط برداشت، حمل‌ونقل و نگهداری قرار گیرد. کنترل مواد غذایی آلوده به قارچ در مزرعه به‌دلیل عوامل مختلفی از جمله: دمای محیط، رطوبت هوا، رطوبت خاک و آلودگی حشرات بسیار چالش برانگیز است. بنابراین، برای کاهش رشد قارچ، کمپین‌های آگاهی عمومی باید بر دوره‌های پس از برداشت و نگهداری تمرکز کنند. افرادی که دانش خوبی دارند، نگرش‌ها و رفتارهای خوبی نیز خواهند داشت که خطر آلودگی مواد غذایی توسط قارچ‌ها و مشکلات سلامتی مرتبط با قارچ‌ها را کاهش می‌دهد. انتخاب مواد خوراکی با کیفیت بالا و جلوگیری از جذب مایکوتوکسین‌ها با استفاده از افزودنی‌های غذایی، مایکوتوکسین‌ها را کاهش می‌دهد، در حالی که استفاده از روش‌های مناسب برای کشاورزی و نگهداری و قارچ‌کش‌ها، آلودگی توسط قارچ‌ها و مایکوتوکسین‌ها را کاهش می‌دهد. در مناطق جنوبی ایران، آب‌وهوا برای رشد قارچ‌ها در مقایسه با سایر نقاط کشور مناسب‌تر است (آب‌وهوا در این بخش از ایران مرطوب و گرم است). بنابراین، تشخیص مایکوتوکسین‌ها و توسعه‌ی استراتژی‌های بهتر برای مدیریت و کاهش رشد قارچ‌ها و مایکوتوکسین‌ها در این منطقه بسیار مهم است.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از تمامی همکاران گروه بهداشت مواد غذایی دانشکده‌ی دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد که نهایت همکاری را در انجام این پروژه داشتند تشکر به‌عمل می‌آید.

تعارض منافع: پژوهش حاضر دارای تعارض منافع نمی‌باشد.

حمایت مالی: انجام این پژوهش، از هزینه‌ی شخصی دانشجو بوده است.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان این مقاله تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را رعایت کرده‌اند. هم‌چنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

شد.

سهم نویسندگان: در این پژوهش، نمونه‌گیری و انجام آزمایش بر عهده دانشجو و آنالیزهای آماری و مسائل تخصصی مربوط به نگارش با همکاری استاد راهنما انجام

References

1. Massahi T, Omer AK, Habibollahi MH, Mansouri B, Ebrahimzadeh G, Parnoon K, et al. Human health risk assessment of aflatoxin M1 in various dairy products in Iran: A literature review. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2024;106:124. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106124>
2. Rushing BR, Selim MI. Aflatoxin B1: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food and chemical toxicology*. 2019;124:81-100. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.11.047> PMID:30468841
3. Kumar P, Mahato DK, Kamle M, Mohanta TK, Kang SG. Aflatoxins: A global concern for food safety, human health and their management. *Frontiers in microbiology*. 2017;7:2170. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02170> PMID:28144235 PMCID:PMC5240007
4. Monger A, Mongar P, Dorji T, Chhetri V. The occurrence and human health risk assessment of total and aflatoxin B1 in selected food commodities in Bhutan. *Scientific Reports*. 2024;14(1):16258. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63677-6> PMID:39009623 PMCID:PMC11251174
5. Gong YY, Watson S, Routledge MN. Aflatoxin exposure and associated human health effects, a review of epidemiological studies. *Food safety*. 2016;4(1):14-27. <https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.2015026> PMID:32231900 PMCID:PMC6989156
6. Awuchi CG, Amagwula IO, Priya P, Kumar R, Yezdani U, Khan MG. Aflatoxins in foods and feeds: A review on health implications, detection, and control. *Bull Environ Pharmacol Life Sci*. 2020;9:149-55.
7. Nejad BG, Mostafaei Z, Rezaabad AB, Mehravar F, Zarei M, Dehghani A, et al. A systematic review with meta-analysis of the relation of aflatoxin B1 to growth impairment in infants/children. *BMC pediatrics*. 2023;23(1):614. <https://doi.org/10.1186/s12887-023-04275-9> PMID:38053136 PMCID:PMC10696779
8. Alwan N, Bou Ghanem H, Dimassi H, Karam L, Hassan HF. Exposure assessment of aflatoxin B1 through consumption of rice in the United Arab Emirates. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(22):15000. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215000> PMID:36429720 PMCID:PMC9690502
9. Ding L, Han M, Wang X, Guo Y. Ochratoxin A: Overview of prevention, removal, and detoxification methods. *Toxins*. 2023;15(9):565. <https://doi.org/10.3390/toxins15090565> PMID:37755991 PMCID:PMC10534725
10. Memar M, Esfandiari Z, Ahmadi M, Soleimani F, Darvishi Divanmorad AR, Heidarinejad Z, et al. The concentration and prevalence of aflatoxins and ochratoxin A in imported rice (*Oryza sativa*) samples from Iranian market: a probabilistic dietary risk assessment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2024:1-18. <https://doi.org/10.1080/03067319.2024.2426742>
11. Mazaheri M. Investigating the possibility of the occurrence of mycotoxins in rice and rice flour imported to Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023;122:105464. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105464>
12. Ghiasian S, Shephard G, Yazdanpanah H. Natural occurrence of aflatoxins from maize in Iran. *Mycopathologia*. 2011;172(2):153-60. <https://doi.org/10.1007/s11046-011-9405-y> PMID:21373903
13. Iqbal J, Asghar MA, Ahmed A, Khan MA, Jamil K. Aflatoxins contamination in Pakistani brown rice: a comparison of TLC, HPLC, LC-MS/MS and ELISA techniques. *Toxicology mechanisms and methods*. 2014;24(8):544-51. <https://doi.org/10.3109/15376516.2014.948247> PMID:25060806
14. Salemi A, Faghani M, salami N. Determination of aflatoxin B1 in broiler feed in the poultry farms of isfahan province. *J Vet Sci*. 2014;5(2):117-23.
15. Mohammadi S, Ghahremani E, Dehestaniathar S, Zandi S, Zakariaei A, Mohammadi M, et al. Determination of aflatoxin B1 concentration in poultry feed in the poultry farms of Sanandaj using ELISA

method. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2021;25(6):49-56.

<https://doi.org/10.52547/sjku.25.6.49>

16. Kępka-Borkowska K, Chałasiński K, Ogłuszka M, Borkowski M, Lepczyński A, Pareek CS, et al. Current Approaches to Aflatoxin B1 Control in Food and Feed Safety: Detection, Inhibition, and Mitigation. International Journal of Molecular Sciences. 2025;26(13):6534.

<https://doi.org/10.3390/ijms26136534>

PMid:40650309 PMCID:PMC12250436

17. (ISIRI) IoSaIRoI. Maximum validity Maycotoxins in human food. 2nd Revision 5925. 2020.

18. Hassan HF, Kordahi R, Dimassi H, El Khoury A, Daou R, Alwan N, et al. Aflatoxin B1 in rice: effects of storage duration, grain type and size, production site, and season. Journal of Food Protection. 2022;85(6):938-44.

<https://doi.org/10.4315/JFP-21-434>

PMid:35146523

19. Ong P, Tung I-C, Chiu C-F, Tsai I-L, Shih H-C, Chen S, et al. Determination of aflatoxin B1 level in rice (*Oryza sativa* L.) through near-infrared spectroscopy and an improved simulated annealing variable selection method. Food Control. 2022;136:108886.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108886>

20. Romero-Sánchez I, Ramírez-García L, Gracia-Lor E, Madrid-Albarrán Y. Simultaneous determination of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in commercial rices using immunoaffinity column clean-up and HPLC-MS/MS. Food chemistry. 2022;395:133611

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133611>

PMid:35820271

21. Tavakoli H, Rostami H, Zabihi A, Bitarafan Z. A survey of aflatoxins, ochratoxin and Zearalenone Contamination in Imported and Iranian Rice in Iran. Agricultural Engineering Research Journal. 2014;4(3):61-4.

22. Jorfi S, Pourfadakari S, Pourhosseini H, Zarei M, Abtahi M, Saeedi R. Assessment of Aflatoxin B1 and Ochratoxin A Levels in Rice Produced in Khuzestan and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad Provinces, Iran. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2018;27(156):66-79.

23. Mazaheri M. Determination of aflatoxins in imported rice to Iran. Food and Chemical Toxicology. 2009;47(8):2064-6.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.05.027>

PMid:19481133

24. Eslami M, Mashak Z, Heshmati A, Shokrzadeh M, Mozaffari Nejad AS. Determination of aflatoxin B1 levels in Iranian rice by ELISA method. Toxin Reviews. 2015;34(3):125-8.

<https://doi.org/10.3109/15569543.2015.10749>

25. Ting WE, Chang C-H, Szonyi B, Gizachew D. Growth and aflatoxin B1, B2, G1, and G2 production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* on ground flax seeds (*Linum usitatissimum*). Journal of Food Protection. 2020;83(6):975-83.

<https://doi.org/10.4315/JFP-19-539>

PMid:32034398

26. Xia L, Routledge MN, Rasheed H, Ismail A, Dong Y, Jiang T, et al. Biomonitoring of aflatoxin B1 and deoxynivalenol in a rural pakistan population using ultra-sensitive LC-MS/MS method. Toxins. 2020;12(9):591.

<https://doi.org/10.3390/toxins12090591>

PMid:32932694 PMCID:PMC7551319

27. Azizi IG, Azarmi M, Pouya ND, Rouhi S. T-2 toxin analysis in poultry and cattle feedstuff. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 2014;9(2):e13734.

<https://doi.org/10.17795/jjnpp-13734>

PMid:24872939 PMCID:PMC4036377

28. Jayaratne W, Abeyratne A, De Zoysa H, Dissanayake D, Bamunuarachchige T, Waisundara V, et al. Detection and quantification of Aflatoxin B1 in corn and corn-grown soils in the district of Anuradhapura, Sri Lanka. Heliyon. 2020;6(10).

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05319>

PMid:33134588 PMCID:PMC7586114

29. Nomura M, Aoyama K, Ishibashi T. Sterigmatocystin and aflatoxin B1 contamination of corn, soybean meal, and formula feed in Japan. Mycotoxin Research. 2018;34(1):21-7.

<https://doi.org/10.1007/s12550-017-0295-9>

PMid:28942532

30. Loi M, De Leonardis S, Ciasca B, Paciolla C, Mulè G, Haidukowski M. Aflatoxin B1 degradation by Ery4 laccase: From in vitro to contaminated corn. Toxins. 2023;15(5):310.

<https://doi.org/10.3390/toxins15050310>

PMid:37235345 PMCID:PMC10223784

31. Mato L, Damani Z, Spahiu J, Halimi E, Seiti B, Topi D. High prevalence of mycotoxigenic fungi and Aflatoxin B1 contamination in corn and wheat grains grown to albania: implications for food safety. Journal of food quality and hazards control. 2024.<https://doi.org/10.18502/jfqhc.11.1.1499>
6