Investigation and Comparison of the Amount of Aflatoxin B_1 in Bulk and Packaged Black Pepper

Reza Rezaee[1], Shadieh Mohammadi[2, 2], Esmaeil Ghahremani[3], Shiva Zandi[4], Homaila Orami[5], Galavizh Mandomi[6, 1]

1.Associate Professor of Environmental Health Engineering, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0000 -0003 -2314 -6697

2.Assistant Professor of Food Hygiene, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran (Second Corresponding Author). ORCID ID: 0000 -0002 -0711 -4305

3.Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0000 -0003 -4976 -1233

4.Laboratory expert, MSc of Chemistry, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0000 -0001 -8349 -5595

5.BSc of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. ORCID ID: 0009-0001-4396-7444

6.MSc Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran., (First Corresponding Author), Tel: 087 -33664645, Email: g.mandomi13@gmail.com. ORCID ID: 0009-0001-3915-2381

ABSTRACT

Background and Aim: Aflatoxins are secondary metabolites of a group of filamentous fungi that are produced in most foods, including cereals, dairy products, nuts, and spices, under favorable environmental conditions. The aim of this study was to determine and compare the amount of aflatoxin B_1 in bulk and packaged black pepper in Sanandaj city.

Materials and Methods: The present study was a cross-sectional analysis of 15 samples of bulk black pepper sold in the traditional market of Sanandaj city and 5 samples of this product in packaged form belonging to 5 reputable brands, which were collected and tested in a simple random manner. The ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) method was used to analyze the samples. Data analysis was performed using SPSS software and the ANOVA statistical test.

Results: Aflatoxin B_1 was found in all samples, and its concentration was determined in the range of 0.003 to 1.958 µg/kg. The mean concentration of aflatoxin B_1 in bulk powdered samples was significantly higher than that in whole bulk samples, but there was no significant difference between the mean concentration of aflatoxin B_1 in bulk and packaged black pepper. However, the concentration of aflatoxin B_1 in none of the samples exceeded the permissible limit of the European Union standard and the Iranian national standard (5 µg/kg).

Conclusion: Given the presence of aflatoxin B_1 in black pepper samples and the relatively high consumption of this spice, it is recommended to regularly monitor the processing and storage of this product.

Keywords: Aflatoxin B_1, Aspergillus fungus, Piper nigrum, ELISA

Received: Dec 20, 2024 **Accepted:** June 9, 2025

How to cite the article: Reza Rezaee, Shadieh Mohammadi, Esmaeil Ghahremani, Shiva Zandi, Homaila Orami, Galavizh Mandomi. Investigation and Comparison of the Amount of Aflatoxin B_1 in Bulk and Packaged Black Pepper. SJKU 2025;30(3):1-12.

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره سی /مرداد و شهریور ۱۴۰۴/۱۲-۱

بررسی و مقایسه میزان آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه فله‌ای و بسته بندی

رضا رضایی[۱]، شادیه محمدی[۲،۱]، اسمعیل قهرمانی[۳]، شیوا زندی[۴]، همیلا اورامی[۵]، گلاویژ مندمی[۶،۱]

۱. دانشیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۶۶۹۷-۲۳۱۴-۰۰۰۳-۰۰۰۰

۲. استادیار بهداشت موادغذایی، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران (نویسنده مسئول دوم). تلفن ثابت: ۳۳۶۶۴۶۴۵-۰۸۷، پست الکترونیک: shadiehmohammadi@yahoo.com، کد ارکید: ۴۳۰۵-۰۷۱۱-۰۰۰۰-۰۰۰۲

۳. استادیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۳-۴۹۷۶-۱۲۳۳

۴. کارشناس آزمایشگاه، کارشناسی ارشد شیمی، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۱-۸۳۴۹-۵۵۹۵

۵. کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. کد ارکید: ۷۴۴۴-۴۳۹۶-۰۰۰۱-۰۰۰۹

۶. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران (نویسنده مسئول اول)، تلفن ثابت: ۳۳۶۶۴۶۴۵-۰۸۷ پست الکترونیک: g.mandomi13@gmail.com ، کد ارکید: ۲۳۸۱-۳۹۱۵-۰۰۰۱-۰۰۰۹

چکیده

زمینه و هدف: آفلاتوکسین‌ها به عنوان متابولیت‌های ثانویه گروهی از قارچ‌های رشته‌ای هستند که در شرایط مساعد محیطی، در بیشتر مواد غذایی ازجمله غلات، فرآورده‌های لبنی، انواع مغزها و ادویه‌جات تولید می‌گردند. هدف از این پژوهش تعیین و مقایسه میزان آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه فله‌ای و بسته‌بندی در شهر سنندج می‌باشد.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر به صورت تحلیلی_مقطعی بر روی ۱۵ نمونه فلفل سیاه فله عرضه شده در بازار سنتی شهر سنندج و ۵ نمونه این محصول به صورت بسته‌بندی متعلق به ۵ برند تجاری معتبر به‌صورت تصادفی ساده جمع‌آوری و آزمایش گردید. جهت آنالیز نمونه‌ها از روش الایزا (Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری ANOVA انجام گرفت.

یافته‌ها: آفلاتوکسین B_1 در تمامی نمونه‌ها یافت شد و غلظت آن در محدوده ۰/۰۳۳ تا ۱/۹۵۸ میکروگرم بر کیلوگرم تعیین گردید. میانگین غلظت آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فله‌ای پودری به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های فله‌ای درسته بود اما تفاوت معنی‌داری بین میانگین غلظت آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه فله‌ای و بسته‌بندی‌شده وجود نداشت. با این حال، غلظت آفلاتوکسین B_1 در هیچ‌یک از نمونه‌ها از حد مجاز استاندارد اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران (۵ میکروگرم بر کیلوگرم) فراتر نبود.

نتیجه‌گیری: با توجه به وجود آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه و مصرف نسبتاً زیاد این ادویه توصیه می‌گردد نظارت منظم بر روی فرآوری و نگهداری این محصول انجام گردد.

کلمات کلیدی: آفلاتوکسین B_1، قارچ آسپرژیلوس، فلفل سیاه، الایزا

وصول مقاله: ۱۴۰۳/۹/۳۰ اصلاحیه نهایی: ۱۴۰۴/۳/۳ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۱۹

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

مقدمه

مایکوتوکسین‌ها، سموم طبیعی هستندکه به‌عنوان متابولیت ثانویه توسط چندین گونه قارچ تولید می‌شوند (۱). آفلاتوکسین‌ها سمی‌ترین گروه مایکوتوکسین‌ها هستند که توسط برخی از گونه‌های قارچ *آسپرژیلوس* (*آسپرژیلوس فلاووس*، *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* و *آسپرژیلوس نومیوس*) تولید می‌شوند (۲). آفلاتوکسین‌ها که شامل چهار نوع B_1، B_2، G_1 و G_2 هستند به‌عنوان آلودگی موجود در بیشتر اقلام مواد غذایی ازجمله غلات، بادام‌زمینی، ذرت، محصولات گوشتی، فرآورده‌های لبنی، انواع مغزها، خوراک دام و ادویه‌جات شناخته شده‌اند (۳-۵). آفلاتوکسین B_1 قوی‌ترین آفلاتوکسین جهش‌زا، سرطان‌زا، تراتوژنیک، هپاتوتوکسیک و سرکوب‌کننده سیستم ایمنی است که بیشترین شیوع را در مواد غذایی دارد و به عنوان آلاینده اصلی مایکوتوکسین ادویه‌جات شناخته شده است (۸-۶). از سال ۱۹۹۳، آفلاتوکسین B_1 توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) به‌عنوان سرطان‌زای گروه ۱ طبقه‌بندی گردیده است (۸).

این ماده سرطان‌زا، مواد غذایی را در طی مراحل تولید، عرضه و نگهداری تا انقضای مصرف به دلیل شرایط نامناسب محیطی شامل دما و رطوبت بالا، عدم رعایت اصول بهداشتی و طولانی بودن مدت‌زمان نگهداری آلوده می‌کند به همین جهت میزان بروز آلودگی آفلاتوکسین B_1 در ادویه‌جات که در مناطق گرمسیری و مرطوب تولید می‌شوند و بستر مناسبی برای رشد قارچ در آن‌ها فراهم است، بسیار زیاد است (۱۱-۹). از میان انواع مختلف ادویه‌جات، فلفل سیاه مهم‌ترین، پرمصرف‌ترین و یکی از گران‌بهاترین ادویه‌ها در جهان است (۱۲). فلفل سیاه معمولا به‌صورت خام و یا بدون پردازش به همراه غذاهای آماده مصرف می‌شود. به همین جهت رشد قارچ و تولید مایکوتوکسین در آن می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان ایجاد نماید (۱۳). حد مجاز آفلاتوکسین B_1 در ادویه‌جات توسط استاندارد اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران ۵ میکروگرم بر کیلوگرم تعیین شده است (۱۵, ۱۴).

بر این اساس، بررسی میزان آفلاتوکسین B_1 موجود در فلفل سیاه به‌منظور اطلاع از ارزیابی خطر برای تخمین مصرف آن بسیار مهم می‌باشد و در سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در این زمینه انجام گردیده است (۱۰). Barani و همکاران در مطالعه خود میزان آفلاتوکسین B_1 را در فلفل‌های تجاری ایران بررسی و در نتایج خود ۵ نمونه از ۴۰ نمونه فلفل سیاه ارزیابی‌شده را آلوده گزارش نمودند (۱۶). در پژوهشی مشابه در مراکش، Zinedine و همکاران شیوع آفلاتوکسین B_1 و کل آفلاتوکسین‌ها در فلفل سیاه را به ترتیب ۴۷ و ۹۳ درصد گزارش نمودند (۱۷).

معمول‌ترین روش‌های استاندارد برای سنجش میزان آفلاتوکسین B_1 در ادویه‌جات شامل کروماتوگرافی لایه نازک، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) و آزمون الایزا (ELISA) می‌باشد (۱۸). امروزه، کاربرد روش الایزا نسبت به سایر روش‌ها بیشتر است چراکه یک روش سریع، حساس، مقرون‌به‌صرفه و آسان می‌باشد (۱۹).

با توجه به شرایط نامناسب نگهداری، حمل‌ونقل، انبار و عرضه ادویه‌جات فله‌ای در شهر سنندج و عدم وجود اطلاعات کافی در مورد نظارت و کنترل دقیق بر روی سلامت و بهداشت آن‌ها، ضرورت انجام این تحقیق باهدف تعیین و مقایسه میزان آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه فله‌ای و بسته‌بندی‌شده شهر سنندج در سال ۱۴۰۱ تشخیص داده شد. با بررسی صورت گرفته مشخص گردید تاکنون مطالعه‌ای در خصوص میزان آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه عرضه‌شده در شهر سنندج انجام نشده و یا نتایج آن منتشر نگردیده است. لذا هدف از این پژوهش تعیین و مقایسه میزان آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه فله‌ای و بسته‌بندی در شهر سنندج در سال ۱۴۰۱ می‌باشد.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت تحلیلی_مقطعی در بهار سال ۱۴۰۱ به منظور اندازه‌گیری آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه فله و بسته‌بندی‌شده شهر سنندج انجام شد. بدین منظور تعداد ۱۵ نمونه فلفل سیاه فله‌ای به تفکیک نوع عرضه شامل ۱۰ نمونه آسیاب شده و ۵ نمونه آسیاب نشده از ۱۵ فروشنده عمده در بازار سنتی شهر سنندج و ۵ نمونه فلفل سیاه بسته‌بندی‌شده متعلق به ۵ برند تجاری معتبر از فروشگاه‌های عرضه‌کننده مواد غذایی به روش تصادفی ساده انتخاب و خریداری گردید. ازآنجایی‌که فلفل سیاه فله‌ای آسیاب شده نسبت به آسیاب نشده و بسته‌بندی بیشتر توسط عموم جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرد، تعداد نمونه‌های فلفل سیاه فله‌ای پودری نسبت به نمونه‌های فله‌ای درسته و نمونه‌های بسته‌بندی‌شده دو برابر در نظر گرفته شد. به‌منظور انجام نمونه‌برداری، معیارهای ورود و خروج نمونه‌ها به‌دقت تعیین گردید. معیار ورود نمونه‌های فلفل سیاه فله‌ای شامل عرضه در بازار سنتی شهر سنندج، در دو شکل آسیاب‌شده (پودری) و آسیاب‌نشده (به صورت دانه‌ای و درسته) و در دسترس بودن فروشنده عمده و امکان خرید مستقیم از وی بود. در خصوص نمونه‌های فلفل سیاه بسته‌بندی‌شده، نمونه‌هایی وارد مطالعه شدند که دارای بسته‌بندی سالم و غیرمخدوش، برچسب مشخصات کامل شامل نام برند، تاریخ تولید و انقضا بودند و از میان برندهای معتبر و پرمصرف در فروشگاه‌های مجاز عرضه مواد غذایی در سطح شهر سنندج انتخاب شدند. در مقابل، نمونه‌های فلفل سیاه فله‌ای که دارای ظاهر غیرعادی، آثار کپک‌زدگی یا آلودگی ظاهری قابل مشاهده بودند، و نیز نمونه‌های بسته‌بندی‌شده‌ای که بسته‌بندی آسیب‌دیده و مخدوش داشتند یا فاقد برچسب مشخصات و تاریخ مصرف معتبر بودند، از مطالعه خارج گردیدند. نمونه‌ها پس از خریداری به آزمایشگاه انتقال داده شده و به‌منظور جلوگیری از آلودگی قارچی، در دمای ۶_۴درجه سلسیوس در کیسه پلاستیکی تا هنگام تجزیه و تحلیل نگهداری شدند.

آماده‌سازی نمونه‌ها

ابتدا نمونه‌های آسیاب نشده توسط خردکن آسیاب گردید سپس ۱۰ گرم از هر نمونه را وزن کرده و ۵۰ میلی‌لیتر متانول ۳۳٪ به آن اضافه شد. ترکیب حاصل به مدت ۲ دقیقه به‌صورت دستی تکان داده شد. عصاره به‌دست‌آمده توسط کاغذ صافی پالایه شده و سپس با متانول خالص به نسبت ۱ به ۱۰ رقیق گردید (۲۰).

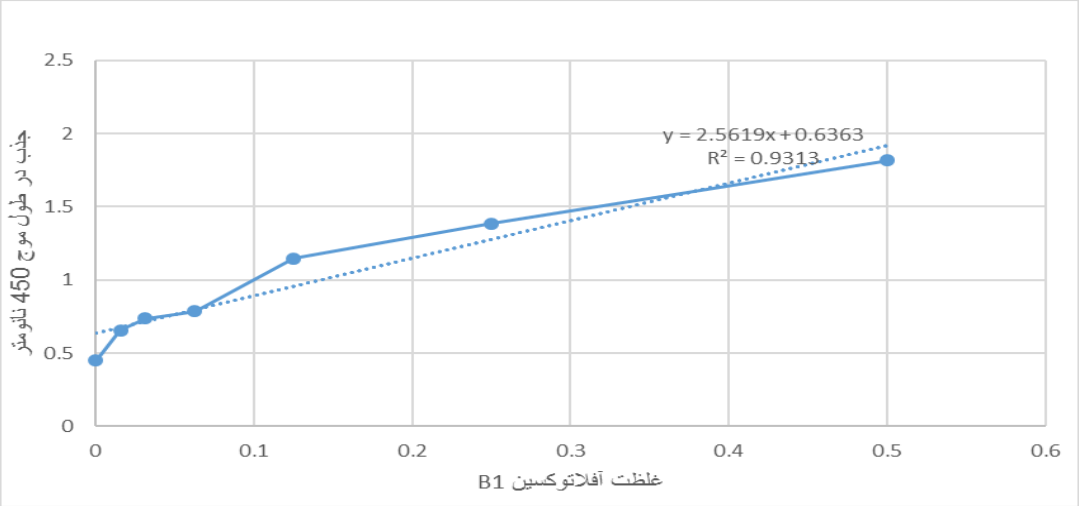
تست آزمون الایزا

جهت آنالیز آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها از کیت تست ELISA ساخت شرکت EuroProxima (کشور هلند) مدل Aflatoxin B_1 Sensitive (5121AFBs) استفاده شد. این کیت دارای یک صفحه میکروتیتر با ۹۶ چاهک می‌باشد که با توجه به تعداد نمونه‌ها و تکرارها، ۴۸ چاهک مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس اطلاعات شرکت سازنده، این کیت قابلیت تشخیص آفلاتوکسین B_1 را در غلات، مغزها، خوراک، غذای نوزاد، کبد و فلفل قرمز دارد. ویژگی اختصاصی (Specificity) این کیت براساس واکنش متقاطع با سایر انواع آفلاتوکسین به شرح زیر گزارش شده است: B_1 (100%)، B_2 (20%)، G_1 (17%) و G_2 (4%). این مقادیر بیانگر حساسیت و تمایز نسبی کیت نسبت به آنالوگ‌های ساختاری آفلاتوکسین‌ها است. میزان حساسیت کیت در حد نانوگرم بوده و محدوده تشخیص (LOD) آن برای فلفل قرمز ۰.۵ نانوگرم در میلی‌لیتر می‌باشد. با توجه به شباهت ساختاری و ترکیب ماتریسی فلفل سیاه و فلفل قرمز، این مقدار به عنوان حد تشخیص قابل‌قبول برای فلفل سیاه نیز در نظر گرفته شد. در نهایت، قرائت نتایج بر اساس جذب نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر انجام گردید.

آنالیز کلیه نمونه‌ها مطابق دستورالعمل شرکت سازنده کیت با دو بار تکرار انجام گرفت (۲۱). ابتدا ۲۰۰ میکرولیتر آب مقطر به چاهک شاهد، ۵۰ میکرولیتر از محلول‌های

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

استاندارد به چاهک‌های مربوطه و سپس ۵۰ میکرولیتر از نمونه‌های آماده شده در دو نسخه به چاهک‌های پلیت میکروتیتر اضافه شد. پس از آن ۵۰ میکرولیتر آنزیم کونژوگه و ۱۰۰ میکرولیتر محلول آنتی‌بادی ضد آفلاتوکسین B_1 به همه‌ی چاهک‌ها به غیر از چاهک شاهد اضافه و سپس به‌آرامی با تکان دادن صفحه میکروپلیت مخلوط شد. بعد از آن به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۰_۲۵ درجه سلسیوس) و محیط تاریک نگه‌داری گردید. سپس صفحه میکروپلیت را روی چند برگ دستمال‌کاغذی واژگون کرده تا محتویات آن تخلیه شود. بعد از آن چاهک‌ها توسط بافر شستشو ۴ بار شستشو داده شدند. پس از مرحله شستشو به هر چاهک ۲۰۰ میکرولیتر محلول کروموژن اضافه و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق نگه‌داری شد. پس از آن ۵۰ میکرولیتر محلول سولفوریک اسید ($H2SO_4$ یک نرمال) به هر چاهک اضافه کرده و به‌آرامی با تکان دادن صفحه میکروپلیت مخلوط شد. درنهایت، جذب نوری چاهک‌ها در طول‌موج ۴۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه Multi-mode reader مدل Synergy-HTX اندازه‌گیری گردید. بر اساس غلظت آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های استاندارد و درصد جذب آن‌ها منحنی کالیبراسیون رسم گردید (شکل ۱). سپس بر اساس میزان جذب نمونه‌ها و انطباق آن با منحنی کالیبراسیون غلظت آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها به دست آمد.



شکل ۱. منحنی کالیبراسیون کیت ELISA برای سنجش غلظت آفلاتوکسین B_1. محور افقی نشان‌دهنده غلظت و محور عمودی میزان جذب نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر است.

آنالیز داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM SPSS نسخه ۲۶، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت مقایسه غلظت آفلاتوکسین B_1 در سه گروه نمونه از آزمون ANOVA استفاده گردید. $P<۰/۰۵$ به عنوان سطح معناداری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج غلظت آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه فله‌ای پودری، فله‌ای درسته و بسته‌بندی‌شده در جدول ۱ ارائه گردیده است. همانطوریکه ملاحظه می‌گردد، آفلاتوکسین B_1 در همه نمونه‌های آزمایش‌شده اعم از فله و بسته‌بندی یافت شد و غلظت آن از ۰/۰۰۳تا ۱/۹۵۸ میکروگرم بر کیلوگرم متغیر بود.

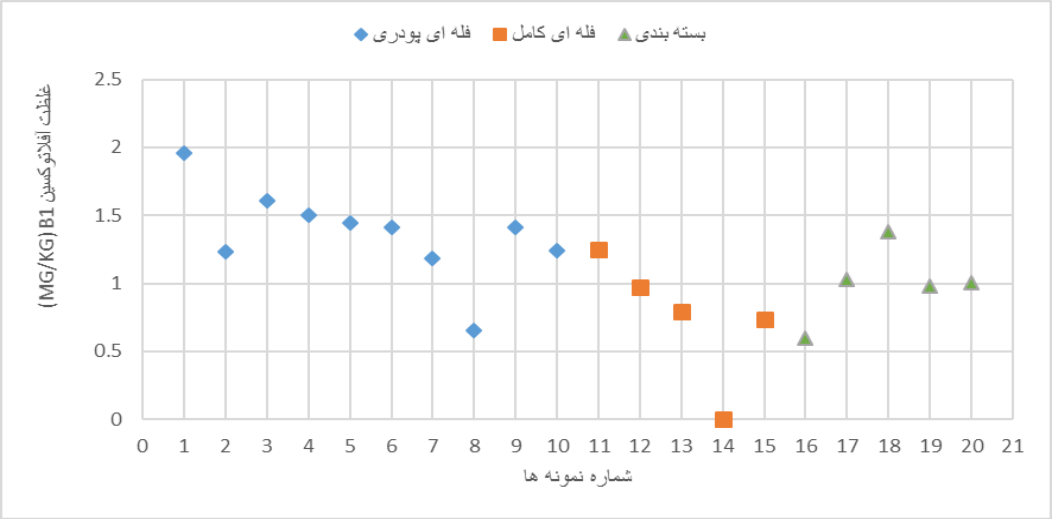
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

جدول ۱. میزان آلودگی آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه شهر سنندج

نوع ادویه	تعداد نمونه	کمینه (µg/kg)	بیشینه (µg/kg)	میانگین ± خطای استاندارد* (µg/kg)	تجاوز از حد استاندارد**
فلفل سیاه فله‌ای پودری	۱۰	۰/۶۵۰	۱/۹۵۸	۱/۳۶۴ ± ۰/۱۰۶	۰
فلفل سیاه فله‌ای درسته	۵	۰/۰۰۳	۱/۲۴۹	۰/۷۵۰ ± ۰/۲۰۷	۰
فلفل سیاه بسته‌بندی‌شده	۵	۰/۵۹۶	۱/۳۷۷	۰/۹۹۸ ± ۰/۱۲۳	۰
مجموع	۲۰	۰/۰۰۳	۱/۹۵۸	۱/۱۱۹ ± ۰/۴۳۱	۰

میانگین ± خطای استاندارد بیانگر تفاوت معنی‌دار از نظر آماری است. **حد مجاز تعیین‌شده توسط استاندارد اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران برای آفلاتوکسین B_1 در ادویه‌جات ۵ میکروگرم بر کیلوگرم است.

نتایج مقایسه غلظت آفلاتوکسین B_1 در سه گروه نمونه در شکل ۲ ارائه گردیده است. به‌منظور بررسی تفاوت میانگین میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه شامل فلفل سیاه فله‌ای پودری، فله‌ای درسته و بسته‌بندی‌شده، آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گرفت. در ابتدا، برای بررسی فرض همگنی واریانس‌ها، آزمون لون (Levene's test) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این آزمون نشان داد که مقدار سطح معناداری برای تمامی حالت‌ها (بر اساس میانگین، میانه و میانگین بریده) بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بود ($P>0/05$). بنابراین، فرض برابری واریانس‌ها در سه گروه مورد مطالعه تأیید گردید و انجام آزمون ANOVA بلامانع بود.



شکل۲. مقایسه غلظت آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه فله‌ای پودری، فله‌ای درسته و بسته‌بندی‌شده

نتایج حاصل از آزمون ANOVA در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین غلظت آفلاتوکسین B_1 بین سه گروه نمونه‌های فله‌ای پودری، فله‌ای درسته و بسته‌بندی‌شده نشان داد که تفاوت معناداری در میانگین میزان آفلاتوکسین B_1 بین این سه گروه فلفل سیاه وجود دارد. به بیان دیگر، نوع فلفل (فله‌ای پودری، فله‌ای درسته و بسته‌بندی‌شده) بر میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها تأثیر معناداری داشته است.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

جدول ۲: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای مقایسه میانگین میزان آفلاتوکسین B_1 در سه گروه فلفل سیاه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۱/۳۵۴	۲	۰/۶۷۷	۵/۲۷۸	۰/۰۱۶
درون گروه‌ها	۲/۱۸۰	۱۷	۰/۱۲۸		
کل	۳/۵۳۴	۱۹			

با توجه به معنادار بودن آزمون ANOVA ، به منظور مشخص نمودن گروه‌های دارای تفاوت معنادار، آزمون تعقیبی Tukey HSD انجام گرفت. نتایج حاصل از آزمون Tukey در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج این آزمون، میانگین غلظت آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه فله‌ای پودری به طور معناداری بیشتر از فلفل سیاه فله‌ای درسته بود ($P=۰/۰۱۶$) که می‌تواند به دلیل سطح بیشتر و در دسترس بودن مواد مغذی در ادویه‌های آسیاب شده باشد، اما سایر مقایسه‌ها (فلفل سیاه فله‌ای پودری با بسته‌بندی شده، فلفل سیاه فله‌ای درسته با بسته‌بندی شده) از نظر آماری معنادار نبودند ($P>۰/۰۵$). به عبارت دیگر، بین نمونه‌های بسته‌بندی‌شده و نمونه‌های فله‌ای اعم از پودری ($P=۰/۱۷۹$) و درسته ($P=۰/۵۳۱$) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ بنابراین، میزان آفلاتوکسین B_1 تحت تأثیر بسته‌بندی نمونه‌ها قرار نگرفت.

جدول ۳: نتایج آزمون تعقیبی Tukey HSD برای مقایسه میانگین میزان آفلاتوکسین B_1 در سه گروه فلفل سیاه به صورت دو به دو.

گروه (I)	گروه (J)	اختلاف میانگین (I-J)	خطای استاندارد	سطح معناداری	حد پایین بازه اطمینان	حد بالای بازه اطمینان
فله‌ای پودری	فله‌ای درسته	۰/۶۱۳۹*	۰/۱۹۶۲	۰/۰۱۶	۰/۱۱۰۶	۱/۱۱۷۱
	بسته‌بندی شده	۰/۳۶۶۲	۰/۱۹۶۲	۰/۱۷۹	-۰/۱۳۷۱	۰/۸۶۹۴
فله‌ای درسته	فله‌ای پودری	-۰/۶۱۳۹*	۰/۱۹۶۲	۰/۰۱۶	-۱/۱۱۷۱	-۰/۱۱۰۶
	بسته‌بندی شده	-۰/۲۴۷۷	۰/۲۲۶۵	۰/۵۳۱	-۰/۸۲۸۸	۰/۳۳۳۴
بسته‌بندی شده	فله‌ای پودری	-۰/۳۶۶۲	۰/۱۹۶۲	۰/۱۷۹	-۰/۸۶۹۴	۰/۱۳۷۱
	فله‌ای درسته	۰/۲۴۷۷	۰/۲۲۶۵	۰/۵۳۱	-۰/۳۳۳۴	۰/۸۲۸۸

اختلاف میانگین در سطح ۰/۰۵ معنادار است.

بحث

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، وجود آفلاتوکسین B_1 در تمامی نمونه‌های فلفل سیاه فله و بسته‌بندی تایید گردید. اگرچه در هیچ نمونه‌ای میزان آفلاتوکسین B_1 از حد مجاز تعیین شده توسط استاندارد اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران (۵ میکروگرم بر کیلوگرم) فراتر نرفت، اما وجود آفلاتوکسین در تمامی نمونه‌ها، نشان‌دهنده فراگیر بودن آلودگی در زنجیره عرضه فلفل سیاه است. آفلاتوکسین‌ها آلاینده‌های اجتناب‌ناپذیر مواد غذایی هستند که تهدیدی جدی برای سلامتی انسان‌ها و حیوانات محسوب می‌شوند. این مواد شیمیایی سمی یک چالش برای ایمنی مواد غذایی و همچنین عامل ایجاد خسارت‌های عظیم اقتصادی به سازمان کشاورزی هستند (۲۲). تعیین کمیت آفلاتوکسین B1 در فلفل سیاه به دلیل استفاده گسترده در آشپزی و درنتیجه مصرف آن توسط مصرف‌کنندگان بسیار مهم است (۲۳). در مطالعات مشابه انجام شده در این خصوص، موارد زیادی از آلودگی آفلاتوکسین B_1 و کل آفلاتوکسین‌ها در فلفل سیاه گزارش گردیده است (جدول ۴). ولیکن همانطوریکه مشهود است در اکثر نتایج حاصل از این

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

مطالعـات غلظـت آفلاتوکسـین B_1 کمتـر از حـد مجـاز استاندارد بوده که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

جدول۴. بررسی میزان آلودگی آفلاتوکسین B_1 و آفلاتوکسین کل در فلفل سیاه عرضه‌شده در کشورهای مختلف

کشور	نوع محصول	تعداد نمونه‌ها	تعداد نمونه‌های مثبت (درصد)	تعداد نمونه‌های فراتر از حد مجاز (درصد)	روش سنجش	مایکوتوکسین	محدوده (µg/kg)	منابع
تانزانیا	فلفل سیاه پودری	۳۰	۳ (۱۰)	۲ (۶.۷)	HPLC	AFB_1	۳/۳۸-۱۶۴/۸۶	(24)
برزیل	فلفل سیاه پودری	۳۰	۳۰ (۱۰۰)	۰ (۰)	HPLC	AFB_1	۲<	(7)
ایران	فلفل سیاه پودری	۲۰	۴ (۲۰)	۰ (۰)	HPLC	AFs	۱/۱۷ – ۲/۴۷	(25)
ایران و هند	فلفل سیاه پودری	۱۲	۱۲ (۱۰۰)	۰ (۰)	ELISA	AFB_1	۰/۰۴۸ -۰/۵۳۵	(26)
	فلفل سیاه درسته	۱۲	۱۲ (۱۰۰)	۰ (۰)	ELISA	AFB_1	۰/۰۳۱ -۰/۲۶۶	
ترکیه	فلفل سیاه پودری	۲۳	۷ (۳۰/۴)	۰ (۰)	HPLC	AFs	۰/۱۳ -۰/۴۶	(27)
کره	فلفل سیاه پودری	۲	۰ (۰)	۰ (۰)	HPLC	AFB_1	ND	(28)
بحرین	فلفل سیاه پودری	۴	۴ (۱۰۰)	۴ (۱۰۰)	HPLC	AFs	۱۰/۳ -۱۳/۸	(29)
ایتالیا	فلفل سیاه پودری	۱۱	۰ (۰)	۰ (۰)	ELISA	AFB_1	ND	(30)
مجارستان	فلفل سیاه پودری	۵	۱ (۱۷)	۰ (۰)	HPLC	AFB_1	۰/۴۶	(31)
هند	فلفل سیاه	۲۸	۲۸ (۱۰۰)	ND	ELISA	AFB_1	۳/۳ -۶۴	(32)

وجود آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه می‌تواند به عوامل متعددی نسبت داده شود. ادویه‌هایی مانند فلفل سیاه طی فرآیند برداشت، خشک‌کردن و انبارداری در معرض آلودگی قارچی قرار می‌گیرند، خصوصاً اگر شرایط دما و رطوبت کنترل شده نباشد. از آنجایی که فلفل سیاه محصولی است که بیشتر در مناطق گرمسیری رشد می‌کند، احتمال آلودگی آن حتی قبل از فرآوری نهایی بالاست. علاوه بر این، خشک‌کردن غیراستاندارد یا نگهداری در انبارهای مرطوب می‌تواند شرایط مناسب برای رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین را فراهم کند (۲). مطالعه‌ای در ایران با هدف بررسی میزان آلودگی آفلاتوکسین B_1 در ادویه‌های عرضه‌شده در شهر تبریز و ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از مصرف این ادویه‌ها، توسط Seyed Razavi و Movassaghghazani در سال ۲۰۲۴ انجام گرفت. در این مطالعه، میزان آلودگی آفلاتوکسین B_1 در ۷۵ نمونه از ادویه‌های فلفل سیاه، فلفل قرمز و زردچوبه عرضه‌شده در شهر تبریز بررسی شد. جهت اندازه‌گیری غلظت آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها، روش HPLC مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که ۷۱ درصد از نمونه‌های فلفل سیاه مورد بررسی آلوده به آفلاتوکسین B_1 بوده که یافته‌های پژوهش حاضر را تایید می‌کند (۳۳).

در پژوهش دیگری Khazaeli و همکاران، ۷ نمونه فلفل سیاه عرضه‌شده به دو صورت فله و بسته‌بندی را از مناطق مختلف ایران جمع‌آوری و به‌منظور بررسی شیوع آفلاتوکسین مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن‌ها آفلاتوکسین B_1 را در ۵ نمونه با غلظتی بین ۸/۴-۰/۷ میکروگرم بر کیلوگرم شناسایی کردند (۱۱) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در مقایسه بین نمونه‌های فلفل فله‌ای پودری و درسته، غلظت آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های پودری به طور معناداری بالاتر بود. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج مطالعه Mozaffarinejad و Giri تحت عنوان اندازه‌گیری آفلاتوکسین B_1 در فلفل‌های قرمز و سیاه شهرستان قائم‌شهر مطابقت دارد. آن‌ها در این مطالعه ۱۸ نمونه از فلفل‌های تجاری شامل ۶ نمونه پودر فلفل سیاه، ۶ نمونه فلفل قرمز و ۶ نمونه فلفل سیاه درسته را به روش ELISA مورد آزمایش قرار دادند و در نتایج خود آفلاتوکسین B_1 را در تمام

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

نمونه‌های فلفل سیاه جمع‌آوری‌شده در محدوده ۵۳۵.۸۴–۳۶/۱۶ نانوگرم بر کیلوگرم یافتند. به علاوه در این مطالعه مشخص گردید که نمونه‌های فلفل سیاه پودری آلودگی بالاتری نسبت به نمونه‌های درسته داشتند. با این حال، میزان آفلاتوکسین B_1 در هیچ نمونه‌ای از حد مجاز اتحادیه اروپا و استاندارد ملی ایران فراتر نرفت (۱۹). این نتایج تأکید می‌کند که فرآوری فلفل به صورت پودر می‌تواند خطر آلودگی به آفلاتوکسین B_1 را افزایش دهد. این امر می‌تواند به دلیل سطح تماس بیشتر فلفل پودری با هوا و رطوبت باشد که شرایط مناسبی را برای رشد قارچ‌ها فراهم می‌کند.

در مطالعه‌ای مشابه اقبال و همکاران میزان بروز و محدوده غلظت آفلاتوکسین B_1 در فلفل‌های قرمز عرضه‌شده در پاکستان را مورد پژوهش قرار دادند. آن‌ها در نتایج خود گزارش کردند که نمونه فلفل‌های پودری بالاترین میانگین غلظت آفلاتوکسین B_1 را در مقایسه با نمونه فلفل‌های درسته داشته‌اند که این امر در پژوهش حاضر نیز صادق می‌باشد (۳۴).

در پژوهش دیگری Colak و همکاران ۸۴ نمونه ادویه را در ترکیه به روش ELISA و HPLC مورد آزمایش قرار دادند که ۲۴ نمونه از آن‌ها متعلق به فلفل سیاه بود. آن‌ها در یافته‌های خود از ۲۴ نمونه فلفل سیاه ۲ نمونه را حاوی آفلاتوکسین B_1 در سطوح ۹/۸ و ۱۰/۳ میکروگرم بر کیلوگرم یافتند. درنهایت، به‌منظور تأیید نمونه‌های مثبت آن‌ها را با استفاده از روش HPLC نیز آنالیز کردند و نتایج مشابهی را به دست آوردند (۳۵). بنابراین، با توجه به محدود بودن تعداد نمونه‌های آلوده در این مطالعه، یافته‌های حاصل با نتایج مطالعه ما همخوانی ندارد. همچنین، Tosun و Arslan در مطالعه‌ای با عنوان تعیین سطح آفلاتوکسین B_1 در ادویه‌جات و گیاهان ارگانیک، ۴ نمونه از ۶ نمونه فلفل سیاه مورد بررسی را آلوده به آفلاتوکسین B_1 با غلظتی مابین ۲۴/۶ تا ۳۰ میکروگرم بر کیلوگرم یافتند که در تمام نمونه‌ها سطح آلودگی بالاتر از حد استاندارد (۵ میکروگرم بر کیلوگرم) بود (۳۶). نتایج حاصل از این پژوهش از نظر مقایسه سطح آلودگی با سطح استاندارد تعیین‌شده، با یافته‌های مطالعه ما مطابقت ندارد زیرا در تحقیق حاضر هیچ‌یک از نمونه‌ها آلودگی فراتر از حد مجاز نداشتند.

از نظر اثر بسته‌بندی، در این تحقیق بین نمونه‌های فله‌ای و بسته‌بندی‌شده اختلاف معناداری مشاهده نشد. این موضوع نشان می‌دهد که بسته‌بندی مورد استفاده در بازار احتمالاً فاقد اثر حفاظتی کافی در برابر رشد قارچ یا تولید آفلاتوکسین بوده است، یا اینکه آلودگی پیش از بسته‌بندی رخ داده است. در مطالعه‌ای که با هدف بررسی تأثیر شرایط نگهداری بر تولید آفلاتوکسین در ادویه‌ها در سال ۲۰۲۳ توسط Abrar و همکاران انجام شد، نمونه‌هایی از فلفل قرمز، فلفل سیاه و زیره در دو نوع بسته‌بندی پلی‌اتیلنی با چگالی بالا (HDPE) و کیسه‌های کنفی قرار گرفته و در دمای کنترل‌شده ۲۵ درجه سلیسیوس و رطوبت‌های نسبی مختلف (۶۵٪، ۷۵٪ و ۸۵٪) نگهداری شدند. براساس نتایج حاصله، بالاترین سطح آفلاتوکسین در نمونه فلفل قرمز بسته‌بندی‌شده در کیسه کنفی با رطوبت ۸۵٪ مشاهده شد، در حالی که نمونه‌های نگهداری‌شده در بسته‌بندی پلی‌اتیلن با رطوبت ۶۵٪، حتی پس از گذشت ۹۰ روز فاقد آفلاتوکسین بودند. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از بسته‌بندی پلی‌اتیلنی و کنترل رطوبت محیط به‌طور مؤثری می‌تواند از رشد قارچ‌ها و تولید آفلاتوکسین در طول دوره نگهداری ادویه‌ها جلوگیری کند (۳۷).

اگرچه نتایج مطالعه حاضر نتوانست نقش تعیین‌کننده‌ای برای بسته‌بندی در کاهش میزان آفلاتوکسین B_1 نشان دهد، اما این امر لزوماً به معنای بی‌تأثیر بودن بسته‌بندی نیست، بلکه ممکن است ناشی از ناکارآمدی بسته‌بندی‌های رایج در بازار یا شرایط نگهداری نامناسب پیش از بسته‌بندی باشد. از سوی دیگر، افزایش قابل توجه آلودگی در نمونه‌های پودری نسبت به درسته، نشان می‌دهد که شکل فیزیکی محصول می‌تواند نقشی کلیدی‌تر از شکل عرضه در تسهیل رشد قارچ و تولید سم ایفا کند. بنابراین، تمرکز بر فرآوری و کنترل رطوبت در مراحل اولیه زنجیره تأمین می‌تواند در

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

مدیریت ریسک آفلاتوکسین مؤثرتر از صرفاً تغییر نوع بسته‌بندی باشد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر آلودگی آفلاتوکسین B_1 در فلفل‌های سیاه عرضه‌شده به‌صورت فله و بسته‌بندی در شهر سنندج مورد ارزیابی قرار گرفت و یافته‌های حاصل شیوع بالای آفلاتوکسین B_1 را نشان داد. اگرچه سطح آلودگی همه نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد (۵ میکروگرم بر کیلوگرم) بود اما به علت وجود آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های فلفل سیاه اعم از فله و بسته‌بندی که می‌تواند یک خطر بالقوه برای سلامت مصرف‌کنندگان باشد و استفاده زیاد از این ادویه (به صورت خام و حرارت داده شده) در تهیه غذا، غربالگری پیشگیرانه کل زنجیره غذایی توصیه می‌شود.

بر این اساس بایستی تلاش‌هایی برای مدیریت آلودگی آفلاتوکسین B_1 با ترویج اصول علمی کشاورزی و در نظر گرفتن یک برنامه پیشگیری در مراحل مختلف از کشت تا برداشت، پردازش، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل و بازاریابی ایجاد شود تا از خطرات مربوط به آلودگی آفلاتوکسین B_1 در فلفل سیاه کاسته شود. هم‌چنین، عرضه فلفل سیاه به‌صورت درسته و آسیاب کردن آن توسط مصرف‌کنندگان قبل از استفاده می‌تواند در کاهش میزان آلودگی مؤثر باشد که البته این امر در وهله اول مستلزم آموزش عموم می‌باشد. علاوه بر موارد مذکور ضروریست نظارت بر اجرای دقیق استانداردهای مربوطه اعمال گردد تا از اثرات سوء آفلاتوکسین‌ها بر سلامت انسان پیشگیری گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی کردستان با کد اخلاق IR.MUK.REC.1401.049 در سال ۱۴۰۱ می‌باشد. نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی کردستان به جهت حمایت‌های مالی ابراز می‌نمایند. هیچ‌کدام از نویسندگان این مطالعه، افراد و یا دستگاه‌های حامی تعارض منافعی برای انتشار این مقاله ندارند.

منابع

1.Khan R. Mycotoxins in food: Occurrence, health implications, and control strategies-A comprehensive review. Toxicon. 2024:108038.
2.Shabeer S, Asad S, Jamal A, Ali A. Aflatoxin contamination, its impact and management strategies: an updated review. Toxins. 2022;14(5):307.
3.Álvarez-Días F, Torres-Parga B, Valdivia-Flores AG, Quezada-Tristán T, Alejos-De La Fuente JI, Sosa-Ramírez J, et al. Aspergillus flavus and total aflatoxins occurrence in dairy feed and aflatoxin M1 in bovine milk in Aguascalientes, México. Toxins. 2022;14(5):292.
4.Jalili M. Evaluation of aflatoxins clean-up from pepper samples using multifunctional column and its comparison with immunoaffinity column. Res. Innov. Food Sci. Technol. 2015;4(3):209-18.
5.Mahato DK, Lee KE, Kamle M, Devi S, Dewangan KN, Kumar P, et al. Aflatoxins in food and feed: An overview on prevalence, detection and control strategies. Front. Microbiol. 2019;10:2266.
6.Yadav N, Yadav SS, Chhillar AK, Rana JS. An overview of nanomaterial based biosensors for detection of Aflatoxin B1 toxicity in foods. Food Chem. Toxicol. 2021;152:112201.
7.Iha MH, Rodrigues ML, Briganti RdC. Survey of aflatoxins and ochratoxin A in spices from brazilian market. Braz. Arch. Biol. Technol. 2022;64:e21210244.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

8.Yogendrarajah P, Devlieghere F, Ediage EN, Jacxsens L, De Meulenaer B, De Saeger S. Toxigenic potentiality of Aspergillus flavus and Aspergillus parasiticus strains isolated from black pepper assessed by an LC-MS/MS based multi-mycotoxin method. Food Microbiol. 2015;52:185-96.
9.Tomah AA, Khattak AA, Aldarraji MH, Al-Maidi AAH, Mohany M, Al-Rejaie SS, et al. Sclerotia degradation by Trichoderma-mycoparasitic; an effective and sustainable trend in the drop lettuce disease control caused by Sclerotinia sclerotiorum. Arch. Microbiol. 2024;206(7):286.
10.Al Ayoubi M, Solfrizzo M, Gambacorta L, Watson I, El Darra N. Risk of exposure to aflatoxin B1, ochratoxin A, and fumonisin B1 from spices used routinely in Lebanese cooking. Food Chem. Toxicol. 2021;147:111895.
11.Khazaeli P, Mehrabani M, Heidari MR, Asadikaram G, Najafi ML. Prevalence of aflatoxin contamination in herbs and spices in different regions of Iran. Iran. J. Public Health. 2017;46(11):1540.
12.Hammouti B, Dahmani M, Yahyi A, Ettouhami A, Messali M, Asehraou A, et al. Black Pepper, the "King of Spices": Chemical composition to applications. Arab J. Chem. Environ. Res. 2019;6:12-56.
13.Jalili M, Jinap S, Noranizan A. Effect of gamma radiation on reduction of mycotoxins in black pepper. Food Control. 2010;21(10):1388-93.
14.EC. Commission Regulation (EC) No. 685/2020 of 20 May 2020 setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs as regards aflatoxins. Off. J. Eur. Union. 2020;160(3):1-3.
15.Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). Food and Feed- Mycotoxins Maximum Tolerated Level– Aflatoxins (ISIRI Standard No. 5925). Iran. 2002.
16.Barani A, Nasiri Z, Jarrah N. Natural occurrence of aflatoxins in commercial pepper in Iran. Food Agric. Immunol. 2016;27(4):570-6.
17.Zinedine A, Brera C, Elakhdari S, Catano C, Debegnach F, Angelini S, et al. Natural occurrence of mycotoxins in cereals and spices commercialized in Morocco. Food control. 2006;17(11):868-74.
18.Zheng Z, Hanneken J, Houchins D, King RS, Lee P, Richard JL. Validation of an ELISA test kit for the detection of ochratoxin A in several food commodities by comparison with HPLC. Mycopathologia. 2005;159(2):265-72.
19.Mozaffarinejad AS, Giri A. The Measurement of Aflatoxin B1 in Chilli and Black Peppers of Qaemshahr, Iran. J. Kerman Univ. Med. Sci. 2015;22(2):185-193.
20.Mohammadi S, Ghahremani E, Dehestaniathar S, Zandi S, Zakariai A, Mohammadi M, et al. Determination of aflatoxin B1 concentration in poultry feed in the poultry farms of Sanandaj using ELISA method. Sci. J. Kurdistan Univ. Med. Sci. 2021;25(6):49-56.
21.EuroProxima. Enzyme-Linked immunosorbent assay for the quantitative analysis of Aflatoxin B1. RIDASCREEN Aflatoxin B1 E. (Netherlands). In: 30/15 Art. No.: R1211, Editor. 2016.
22.Zareshahrabadi Z, Bahmyari R, Nouraei H, Khodadadi H, Mehryar P, Asadian F, et al. Detection of aflatoxin and ochratoxin A in spices by high-performance liquid chromatography. J. Food Qual. 2020.
23.Pesavento G, Ostuni M, Calonico C, Rossi S, Capei R, Nostro AL. Mycotic and aflatoxin contamination in Myristica fragrans seeds (nutmeg) and Capsicum annum (chilli), packaged in Italy and commercialized worldwide. J. Prev. Med. Hyg. 2016;57(2):E102.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]

24.Peter LG. Aflatoxins contamination in spices and associated predisposing factors in Morogoro region, Tanzania. Sokoine Univ. Agric. 2021.
25.Zareshahrabadi Z, Bahmyari R, Nouraei H, Khodadadi H, Mehryar P, Asadian F, et al. Detection of aflatoxin and ochratoxin A in spices by high-performance liquid chromatography. J. Food Qual. 2020;2020(1):8858889.
26.Mozaffari Nejad AS, Sabouri Ghannad M, Kamkar A. Determination of aflatoxin B1 levels in Iranian and Indian spices by ELISA method. Toxins Rev. 2014;33(4):151-4.
27.Ozbey F, Kabak B. Natural co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in spices. Food Control. 2012;28(2):354-61.
28.Cho S-H, Lee C-H, Jang M-R, Son Y-W, Lee S-M, Choi I-S, et al. Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea. Food Chem. 2008;107(3):1283-8.
29.Musaiger AO, Al-Jedah JH, D'souza R. Occurrence of contaminants in foods commonly consumed in Bahrain. Food control. 2008;19(9):854-61.
30.Romagnoli B, Menna V, Gruppioni N, Bergamini C. Aflatoxins in spices, aromatic herbs, herb-teas and medicinal plants marketed in Italy. Food control. 2007;18(6):697-701.
31.Fazekas B, Tar A, Kovacs M. Aflatoxin and ochratoxin A content of spices in Hungary. Food Addit. Contam. 2005;22(9):856-63.
32.D Maye K. Incidence of aflatoxin contamination in selected spice samples in Andhra Pradesh. Acharya NG Ranga Agric. Univ. 1999.
33.Razavi MS, Movassaghghazani M. Risk characterization for aflatoxin B1 in spices in Tabriz, Iran. J. Food Compos. Anal. 2024;136:106799.
34.Iqbal SZ, Paterson RRM, Bhatti IA, Asi MR, Sheikh MA, Bhatti HN. Aflatoxin B 1 in chilies from the Punjab region, Pakistan. Mycotoxin Res. 2010;26:205-9.
35.Colak H, Bingol EB, Hampikyan H, Nazli B. Determination of aflatoxin contamination in red-scaled, red and black pepper by ELISA and HPLC. Journal of Food and Drug Analysis. 2006;14(3):292-6.
36.Tosun H, Arslan R. Determination of aflatoxin B1 levels in organic spices and herbs. Sci. World J. 2013;2013.
37.Abrar M, Ahsan S, Nadeem M, Liaqat A, Chughtai MFJ, Farooq MA, et al. Detection and quantification of aflatoxins in spices stored in different food packaging materials. J. Stored Prod. Res. 2023;101:102081.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-04-27]