



<https://bjm.ui.ac.ir/?lang=en>

Journal of Microbial Biology
E-ISSN: 3060-7647
14th Year, Vol. 14, No. 53, 2025 pp. 103-117
Received: 15/02/2025 Accepted: 15/06/2025

(Research Paper)

Investigation of aflatoxin B1 contamination in spices and dried fruits supplied in Sistan and Baluchestan using the ELISA method

Abdoljalil Rigi

Department of Food Hygiene, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
rigi.jalil@gmail.com

Ebrahim Rahimi ¹

Department of Food Hygiene, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
ebrahimrahimi55@yahoo.com

Seyed Majid Hashemi

Nutrition and Organic Products Research Center, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
majidhashemi54@gmail.com

Abstract

Dried fruits and spices are used in the diets of people around the world due to their extended shelf life and rich nutritional value. However, they are susceptible to contamination with aflatoxins at all stages of production and storage. Aflatoxin B1 is one of the most potent mycotoxins. The aim of the present study was to investigate the occurrence of aflatoxin B1 contamination in spices and dried fruits distributed in Sistan and Baluchestan using the ELISA method. The principle of this test relies on the antigen-antibody reaction. Microtiter wells coated with AFB1-specific antibody, both free and enzyme-conjugated AFB1 compete for binding to the specific antibody binding sites. In this study, 100 samples of dried fruits and spices were randomly collected from the market of Sistan and Baluchestan province and transferred to the food hygiene laboratory. To evaluate the data, an independent samples t-test, one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test were used to compare the means and Chi-Square test was used to compare the frequency distributions. The results showed that 100% of the analyzed spice and dried fruit samples were contaminated with aflatoxin B1. The average contamination of aflatoxin B1 in dried fruits and spices was 1.68 and 1.83 ($\mu\text{g}/\text{kg}$), respectively. The results showed that none of the dried fruits and spices samples had contamination exceeding the Iranian and European standards (5 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Overall, dried fruits and spices supplied in Sistan and Baluchestan do not pose a significant risk to consumer health.

Keywords: Aflatoxin B1, Spices, Dried fruits, Food safety

*Corresponding Author

3060-7647/ © 2025 The Authors

This is an open access article under the CC BY-NC-ND/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Rigi A, Rahimi E, Hashemi M. Investigation of the incidence of aflatoxin B1 contamination in spices and dried fruits supplied in Sistan and Baluchestan by ELISA method. *Journal of Microbial Biology*. 2025; 14(53): 103-117. doi: [10.22108/bjm.2025.144273.1623](https://doi.org/10.22108/bjm.2025.144273.1623)



Introduction

In Iran, spices and dried fruits are very popular and widely used in the diet. Most of these spices are imported, but all dried fruit samples are produced domestically. However, these foods are susceptible to contamination with mycotoxins, particularly aflatoxin B1. Regulations have been established worldwide for the level of aflatoxin in foods. In Iran, the maximum acceptable level of aflatoxin B1 is 5 µg/kg. Mycotoxins are classified as toxic secondary metabolites produced by several fungal genera, including *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Alternaria*. More than 400 types of mycotoxins have been reported, but due to their significant impact on health and agriculture, aflatoxins (AFs), ochratoxin A, zearalenone, trichothecenes, fusarium toxins and patulin constitute the most studied ones worldwide. Aflatoxins are among the most toxic and carcinogenic fungal secondary metabolites produced by *Aspergillus* species. In nature, approximately 20 different types of aflatoxins have been identified. However, the main aflatoxins include AFB1, AFB2, AFG1 and AFG2. Aflatoxins are thermally stable under various food processing methods. Their melting point is above 250°C and they are stable in the pH range of 3 to 8, making their removal from the food chain difficult and increasing the risk of persistent contamination. The aim of the present study was to investigate aflatoxin B1 contamination in dried fruits and spices supplied in Sistan and Baluchestan province.

Materials and Methods

In this study, a total of 100 samples of dried fruits and spices were randomly collected from supply centers in Sistan and Baluchestan province in 2023. Thus, 50 packaged dried fruit samples included: 10 samples of apricot leaves, 10 samples of peach leaves, 10 samples of apple leaves, 10 samples of banana leaves, and 10 samples of kiwi leaves, and 50 packaged powdered spice samples included: 10 samples of cinnamon, 10 samples of black pepper, 10 samples of turmeric, 10 samples of thyme, and 10 samples of sumac. All samples were stored in a cool and dry environment until the experiment began. The Europroxima Netherlands ELISA kit was used to detect aflatoxin levels. According to the manufacturer's instructions, after homogenizing the dried fruit and spice samples, a specific quantity of each sample was ground and mixed with distilled water, alpha-amylase enzyme and then incubated for 20 minutes at 25°C. 50 µL of B1 solutions and prepared samples were added to the wells of the aflatoxin standard microplate (two wells were used for each sample to increase accuracy). 50 µL of the enzyme-conjugated solution was added to the wells, after which the solution was kept away from light for 2 hours at a temperature of 20-25°C. Then, the liquid in the microplate wells was emptied, after which the wells were washed twice with a special buffer. 50 µL of chromogen was added to the wells. After mixing, the plate was kept in the dark for 30 minutes at room temperature. During this stage, the samples developed a blue color. The color **intensity** was found to be inversely proportional to the aflatoxin concentration in the samples and standards. Finally, the blue color turned yellow when 100 µL of stopping solution was added. The absorbance of the samples was measured using a special ELISA reader at a wavelength of 450 nm. Based on the absorption percentage of the standard samples and the amount of aflatoxin B1 present, the sensitivity of the kit was determined to be 0.05 ppb. SPSS version 23 was used for calculations and data evaluation. Independent sample t-tests, ANOVAs and Duncan's tests were used to compare means, and chi-square tests were used to compare frequency percentages. Excel was used to draw graphs.

Results

The results showed that all 50 of the dried fruit samples were contaminated with aflatoxin B1. However, none of the contamination levels exceeded the Iranian national standard of 5 µg/kg, as listed on the website of the Iranian Standards and Industrial Research Department. Thus, of the 50 samples analyzed, 14% were found to contain less than 1 µg/kg of aflatoxin B1, 36% contained between 1 and 2 µg/kg, 34% contained between 2 and 4 µg/kg, and 16% contained between 4 and 5 µg/kg. The highest contamination rate was found in kiwi leaves, at 50%. The results of the aflatoxin contamination test on spices showed that all 50 samples were contaminated with aflatoxin B1, but none exceeded the Iranian national standard of 5 µg/kg, as listed on the website of the Iranian Standards and Industrial Research Department. Thus, out of 50 samples, 20% were less than 1 µg/kg, 38% in the range of 1 to 2

µg/kg, 36% in the range of 2 to 4 µg/kg, and 6% in the range of 4 to 5 µg/kg. The highest level of contamination with aflatoxin B1 was found in sumac with 50%. Based on the results obtained and the independent samples t-test, there was a significant difference of $p=0.01$ between the samples of dried fruits and spices in Sistan and Baluchestan province and the Iranian standard. The results obtained showed that the average contamination with aflatoxin B1 in dried fruits was 1.68 µg/kg and in spices was 1.83 µg/kg. Also, the relationship between the average contamination in dried fruits and spices was significant with a 99% level of confidence.

Conclusion

In this study, the level of contamination with aflatoxin B1 in fruits and spices was low; therefore, it is necessary that the level of regulatory enforcement remains consistent. The most important methods to minimize the growth and proliferation of molds include proper production practices, proper packaging, proper post-harvest practices such as cleaning, drying, and storage in conditions outside the growth range of aflatoxin-producing molds, regular inspections, especially in warehouses, factories and supermarkets. Complete elimination or destruction of mold toxins in food products is not possible with standard cooking methods and typical temperatures. Therefore, effective management and implementation of control measures are essential to ensure consumer safety. The results of the present findings showed that dried fruits and spices supplied in Sistan and Baluchestan do not pose significant health risks to consumer health.

بررسی آلودگی به آفلاتوکسین B1 در ادویه و میوه‌های خشک عرضه‌شده در سیستان و بلوچستان به روش الیزا

عبدالجلیل ریگی

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

rigi.jalil@gmail.com

ابراهیم رحیمی

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

ebrahimrahimi55@yahoo.com

سید مجید هاشمی

مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

majidhashemi54@gmail.com

چکیده

میوه‌های خشک و ادویه‌ها، به دلیل ماندگاری طولانی و محتوای بالای مواد مغذی، در رژیم غذایی افراد در سراسر جهان استفاده می‌شوند؛ با این حال، آنها در تمام مراحل تولید و ذخیره‌سازی مستعد آلودگی با آفلاتوکسین هستند. از خطرناک‌ترین میکوتوکسین‌ها می‌توان به آفلاتوکسین B1 اشاره کرد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی آلودگی به آفلاتوکسین B1 در ادویه و میوه‌های خشک عرضه‌شده در سیستان و بلوچستان به روش الیزا بود. اساس این آزمایش بر پایه واکنش پادگن - پادتن بود. چاهک‌های میکروتیتر با پادتن اختصاصی AFB1 پوشانیده، AFB1 آزاد و کونژوگه برای بانداشدن با جایگاه‌های اتصال پادتن‌های آفلاتوکسین با یکدیگر رقابت می‌کنند. در این مطالعه، ۱۰۰ نمونه میوه خشک و ادویه از بازار استان سیستان و بلوچستان به صورت تصادفی نمونه‌گیری و به آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی انتقال داده شدند. برای ارزیابی داده‌ها 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. نتایج نشان دادند ۱۰۰ درصد ادویه‌ها و میوه‌های خشک نمونه‌گیری‌شده به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند. میانگین آلودگی به آفلاتوکسین B1 در میوه خشک و ادویه‌ها به ترتیب ۱/۶۸ و ۱/۸۳ میکروگرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان دادند هیچ کدام از نمونه‌های میوه خشک و ادویه‌ها آلودگی فراتر از استاندارد ایران و اروپا (۵ میکروگرم بر کیلوگرم) نداشتند. نتایج نشان دادند میوه‌های خشک و ادویه‌های عرضه‌شده در سیستان و بلوچستان نمی‌توانند مخاطرات نگران‌کننده‌ای برای سلامت مصرف‌کننده ایجاد کنند.

واژه‌های کلیدی: آفلاتوکسین B1، ادویه، میوه خشک، ایمنی غذایی

* نویسنده مسئول مکاتبات

ریگی، عبدالجلیل، رحیمی، ابراهیم، هاشمی، سید مجید. بررسی رخداد آلودگی به آفلاتوکسین B1 در ادویه و میوه‌های خشک عرضه‌شده در سیستان و بلوچستان به روش الیزا. زیست‌شناسی میکروبی. ۱۴۰۴؛ ۱۴(۵۳): ۱۰۳-۱۱۷. doi: 10.22108/bjm.2025.144273.1623

مقدمه

آسپرژیلوس مولد آفلاتوکسین ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و بهینه رشد در ۳۲ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد و A_w^3 در محدوده ۰/۹۲ تا ۰/۹۵ است. آفلاتوکسین‌ها در فاز رشد و ایستایی از منحنی رشد لگاریتمی در قارچ‌ها تولید می‌شوند (۶).

میوه‌های خشک توسط مصرف‌کنندگان در سراسر جهان به عنوان یک جایگزین پایدار برای میوه‌های تازه است، آنها منبع خوبی از فیبر غذایی، مواد معدنی، ویتامین‌ها، ترکیبات فعال زیستی و آنتی‌اکسیدان‌ها هستند که نقش محافظتی در سلامت انسان دارند. آنها همچنین دارای شاخص گلیسمی پایین تا متوسط هستند. ایالات متحده (۱۵ درصد) و ترکیه (۱۵ درصد) در پنج سال گذشته رهبران عرضه میوه خشک در جهان بوده‌اند و با هم ۳۰ درصد از تولید میوه خشک جهان را به خود اختصاص داده‌اند. ایران با ۱۲ درصد در رتبه سوم تولید خشکبار قرار دارد و پس از آن عربستان سعودی (۷ درصد) و چین (۶ درصد) قرار دارند (۷).

ادویه‌ها محصولات خشک‌شده‌ای هستند که از قسمت‌های مختلف گیاهان مانند ریشه، دانه، جوانه، برگ، گل و کلاله به دست می‌آیند و از زمان‌های قدیم، در غذاها، داروها، مواد نگهدارنده و رنگ استفاده شده‌اند. ادویه‌ها به دلیل داشتن طعم خوب، خواص معطر، اثرات نگهدارنده، ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی شناخته شده هستند. طعم منحصر به فرد ادویه‌ها باعث شده است در مقادیر کم برای بهبود طعم یا عطر غذا استفاده شوند. آنها به طور گسترده در مناطق گرمسیری، همچون هند و جنوب شرقی آسیا رشد می‌کنند (۸). براساس گزارش‌ها، تولید جهانی ادویه‌جات از ۱/۴ میلیون هکتار سطح برداشت‌شده در سال ۲۰۱۹، حدود ۲/۸ میلیون تن بوده است. آسیا سهم ۸۶ درصدی از تولید ادویه دارد و پس از آن آفریقا ۱۴/۲ درصد و آمریکا ۱/۵ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند (۹). برخلاف میوه‌های خشک، ایران یکی از واردکنندگان و مصرف‌کنندگان اصلی ادویه‌ها در سراسر

مایکوتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که می‌توانند توسط قارچ‌های رشته‌ای مانند گونه‌های آسپرژیلوس، آلترناریا و پنی‌سیلیوم در طول برداشت، پردازش، ذخیره‌سازی یا جابه‌جایی در مواد غذایی ایجاد شوند. آنها می‌توانند به طور طبیعی در غذاها و محصولات کشاورزی از جمله میوه‌های خشک، ادویه‌ها، خشکبار و غلات وجود داشته باشند (۱). بیش از ۴۰۰ نوع مایکوتوکسین شناسایی شده‌اند؛ با وجود این، مهم‌ترین مایکوتوکسین‌ها در مواد غذایی آفلاتوکسین‌های B1، B2، G1، G2، M1، M2 و اکراتوکسین نوع A (OTA) هستند. آفلاتوکسین‌ها توسط گونه‌های آسپرژیلوس از جمله آسپرژیلوس پارازیتیکوس، آسپرژیلوس نومیوس و آسپرژیلوس فلاووس تولید می‌شوند (۲). آلودگی با آفلاتوکسین‌ها به عنوان خطری فراگیر برای سلامتی انسان‌ها و حیوانات در نظر گرفته می‌شود. سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد اعلام کرده است در سراسر جهان، نزدیک به ۲۵ درصد از محصولات غذایی با درجات گوناگون به سموم قارچی آلوده هستند (۳).

در میان آفلاتوکسین‌های اصلی، آفلاتوکسین B1 قوی‌ترین سم طبیعی بوده و توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC^۲) به عنوان سرطان‌زای گروه ۱ برای انسان طبقه‌بندی شده است؛ زیرا به طور مستقیم سبب سرطان کبد می‌شود و می‌تواند علت اصلی سمیت حاد، سمیت مزمن، سرطان‌زایی، تراژوژنیسیته و سمیت ژنی و سقط جنین باشد (۴). روش‌های نامناسب پس از برداشت مانند خشک کردن کنترل‌نشده یا عدم تعادل سطح رطوبت مجاز، بیش از مقادیر بحرانی، رشد کپک و تولید مایکوتوکسین‌ها را در طول ذخیره‌سازی محصولات تسهیل می‌کند (۵)؛ به این ترتیب، موقعیت جغرافیایی روی رشد آفلاتوکسین‌ها تأثیرگذار است؛ به گونه‌ای که دمای بالا و رطوبت کم، مشوق اصلی تولید آفلاتوکسین است. محدوده دمای مناسب رشد گونه‌های

^۳ Water Activity^۲ International Agency for Research on Cancer

نمونه‌گیری: در پژوهش حاضر در مجموع ۱۰۰ نمونه میوه خشک و ادویه به صورت تصادفی جمع‌آوری شدند. به این ترتیب، ۵۰ نمونه میوه خشک بسته‌بندی شده شامل ۱۰ نمونه از برگ‌زردآلو، ۱۰ نمونه برگ‌هلو، ۱۰ نمونه برگ‌سیب، ۱۰ نمونه برگ‌موز و ۱۰ نمونه برگ‌کیوی و ۵۰ نمونه ادویه پودر شده بسته‌بندی شده شامل ۱۰ نمونه دارچین، ۱۰ نمونه فلفل سیاه، ۱۰ نمونه زردچوبه، ۱۰ نمونه آویشن و ۱۰ نمونه سماق در مدت زمان ۳ ماه از مهر تا دی ۱۴۰۳ از هایپرمارکت‌های استان سیستان و بلوچستان که در بسته‌های پلی‌اتیلن نگهداری می‌شدند، نمونه‌گیری و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. تمامی نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش در شرایط خشک و خنک و در دمای یخچال نگهداری شدند. همه نمونه‌ها، تولید داخل کشور بود.

آماده‌سازی و عصاره‌گیری از نمونه‌ها: مطابق چارچوب تعیین‌شده شرکت سازنده کیت الایزا (Europroxima Netherlands)، پس از همگن‌سازی نمونه‌های میوه خشک و ادویه‌جات، میزان مشخصی از نمونه‌ها آسیاب شدند. سپس ۲ گرم از نمونه آسیاب شده با ۳ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲۰۰ میکرولیتر آنزیم آلفا آمیلاز ترکیب شد و برای ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گرماگذاری شد. در گام بعدی، ۵ میلی‌لیتر متانول خالص به نمونه‌ها اضافه و برای ۲ دقیقه ورتکس شدند و در پایان، عصاره هر کدام از نمونه‌ها به کمک فیلترهای کاغذی استخراج شد. ۲ میلی‌لیتر از هر کدام از عصاره‌های به دست آمده با ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان، مخلوط و به یک لوله سانتریفیوژ انتقال داده و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و با ۳۵۰۰ دور در دقیقه برای ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. قسمت روایی مایع، دور ریخته شد و قسمت پایین مایع، به یک لوله

جهان است. بیشتر ادویه‌های موجود در بازار ایران از خارج از کشور وارد می‌شوند و ممکن است آلوده به قارچ باشد؛ با این حال، آلودگی آفلاتوکسین در ادویه‌ها و میوه‌های خشک از نگرانی‌های جدی در سراسر جهان است که بر تجارت بین‌المللی تأثیر می‌گذارد. در ایران سطح قابل قبول آفلاتوکسین B1 هم‌راستا با استانداردهای سختگیرانه اروپا، ۵ میکروگرم بر کیلوگرم است (۱۰).

تشخیص و تعیین کمیت مایکوتوکسین‌ها در ماتریکس‌های غذایی مختلف با روش‌های تحلیلی مختلفی مانند کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا با فلورسانس (HPLC-FLD^۴) یا اشعه ماوراءبنفش (HPLC-UV^۵)، سنجش ایمنوسوربت متصل به آنزیم (ELISA^۶) و لایه نازک کروماتوگرافی (TLC) به دست می‌آید. همچنین، روش‌های جدید دیگری مبتنی بر فناوری‌های سریع برای تشخیص مایکوتوکسین، مانند روش ایمنواسی جریان جانبی (LFIA^۷) و پلاریزاسیون فلورسانس (FPIA^۸) پیشنهاد شده‌اند (۱۱).

از آنجایی که ادویه‌ها عمدتاً از معدود کشورهای آسیایی با آب‌وهوای گرم و مرطوب تولید و وارد می‌شوند و با توجه به موقعیت جغرافیایی استان سیستان و بلوچستان، احتمال آلودگی به آفلاتوکسین B1 در طی فرایند حمل‌ونقل و نگهداری برای ادویه‌ها و میوه خشک نسبتاً زیاد است؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی وجود آفلاتوکسین B1 در ادویه‌ها و میوه خشک عرضه‌شده در استان سیستان و بلوچستان به روش الایزا است.

مواد و روش‌ها

^۶ Enzyme-linked immunosorbent assay

^۷ Lateral Flow Immunoassay

^۸ fluorescence polarization immunoassay

^۴ High-performance liquid chromatography with fluorescence

^۵ High-performance liquid chromatography with ultraviolet light

آفلاتوکسین به محلول‌های نمونه، اضافه و بعد از یک مرحله شست‌وشو آنزیم کونژوگه افزوده می‌شود. AFB1 آزاد و کونژوگه برای باندشدن به جایگاه‌های اتصال پادتن‌های آفلاتوکسین با یکدیگر رقابت می‌کند. سپس طی یک مرحله شست‌وشو آنزیم‌های کونژوگه باندنشده حذف می‌شوند. سوبسترای آنزیمی (پراکسید اوره) و کروموژن (ترا متیل بنزیدین) به چاهک‌ها افزوده و گرمخانه‌گذاری می‌شوند. کونژوگه آنزیمی باندشده محلول کروموژن بدون رنگ را به محصولی با رنگ آبی تبدیل می‌کند. افزودن محلول متوقف‌کننده منجر به یک تغییر رنگ از آبی به زرد می‌شود. اندازه‌گیری به روش فوتومتری و در طول موج ۴۵۰ نانومتر صورت می‌گیرد. میزان جذب نسبت معکوسی با غلظت آفلاتوکسین در نمونه دارد. حساسیت کیت سنجش آفلاتوکسین استفاده‌شده در این پژوهش (Europroxima Netherlands) ۰/۰۵ ppb بود. مقادیر برحسب میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شدند. آزمون برای هر نمونه با دو بار تکرار انجام شد. براساس درصد جذب هر نمونه و انطباق با منحنی کالیبراسیون میزان آفلاتوکسین B1، در هر نمونه به دست آمد (۱۲).

آنالیزهای آماری: از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ برای محاسبات و ارزیابی داده‌ها و از آزمون‌های آماری ANOVA و Independent sample t.test و تست Duncan برای مقایسه میانگین‌ها و از آزمون کای‌دو (Chi-Square) برای مقایسه درصد فراوانی‌ها استفاده شد و نرم‌افزار GraphPad Prism 9 برای رسم نمودارها به کار برده شد.

نتایج

نتایج آلودگی به آفلاتوکسین B1 در میوه‌های خشک: نتایج بررسی آلودگی میوه‌های خشک به آفلاتوکسین B1 در جدول ۱ مشخص شده است. نتایج نشان

آزمایش انتقال داده شد. برای تبخیر دی‌کلرومتان موجود در عصاره‌ها، محتویات لوله آزمایش به دستگاه روتاری اوپورتور و در مجاورت گاز نیتروژن در درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. به رسوب باقی‌مانده در ته لوله آزمایش، ۱ میلی‌لیتر متانول خالص و ۱/۵ میلی‌لیتر هپتال، اضافه و در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با ۱۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه ساتریفیوژ شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از متانول با ۴۰۰ میکرولیتر بافر رقیق‌کننده رقیق کیت به نسبت ۱:۴ رقیق‌سازی شد و در پایان ۵۰ میکرولیتر از این محلول برای تست الیزا استفاده شد.

سنجش آفلاتوکسین به روش الیزا: هر کیت (Europroxima Netherlands) شامل مواد کافی برای انجام تعداد ۹۶ اندازه‌گیری بوده است و حاوی مواد زیر بود: یک عدد میکروتیتر با تعداد ۹۶ چاهک (در ۱۲ ردیف ۸ تایی) که با پادتن AFB1 پوشانیده شده بودند؛ شش عدد ویال حاوی محلول AFB1 (هریک به مقدار ۱/۳ میلی‌متر) با غلظت‌های برابر با 0 ppt (استاندارد ۰)، 5 ppt، 10 ppt، 20 ppt، 40 ppt و 80 ppt از AFB1 در بافر شیر؛ یک ویال محلول کونژوگه به میزان ۱/۳ میلی‌لیتر و حاوی محلول پراکسید کونژوگه‌شده با AFB1؛ یک ویال محلول سوبسترا (۷ میلی‌لیتر) حاوی پراکسید اوره؛ یک ویال کروموژن (۷ میلی‌لیتر) ترا متیل بنزیدین؛ یک ویال محلول متوقف‌کننده (۱۴ میلی‌لیتر) حاوی اسید سولفوریک نرمال؛ یک ویال محلول بافر شماره ۱ به میزان ۲۰ میلی‌لیتر برای رقیق‌سازی محلول نمونه و استاندارد؛ یک ویال محلول بافر شماره ۲ به میزان ۱۲ میلی‌لیتر برای رقیق‌سازی محلول کونژوگه. در ضمن کیت AFB1 حاوی یک عدد محلول بافر شست‌وشو (نمک) نیز بود که برای آماده‌سازی یک بافر فسفات (pH=۷/۴) به کار رفته و شامل توئین ۲۰ با غلظت ۰/۰۵ درصد بود. اساس این آزمایش بر پایه واکنش پادگن - پادتن است. چاهک‌های میکروتیتر با پادتن اختصاصی AFB1 پوشانیده شده‌اند. ابتدا محلول‌های استاندارد

میکروگرم بر کیلوگرم، ۳۶ درصد در محدوده ۱ تا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، ۳۴ درصد در محدوده ۲ تا ۴ میکروگرم بر کیلوگرم و ۱۶ درصد در محدوده ۴ تا ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند. بیشترین میزان آلودگی مربوط به برگ کیوی ۵۰ درصد بود.

دادند از مجموع ۵۰ نمونه میوه خشک، 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 کیلوگرم) نبود. به این ترتیب از ۵۰ نمونه، ۱۴ درصد کمتر از ۱

جدول ۱- توزیع فراوانی مطلق و نسبی رخداد آلودگی به آفلاتوکسین B1 (میکروگرم بر کیلوگرم) در میوه‌های خشک عرضه‌شده در سیستان و بلوچستان
Table 1- Absolute and relative frequency distribution of aflatoxin B1 contamination (micrograms/kg) in dried fruits supplied in Sistan and Baluchestan

محدوده آلودگی (µg/kg) Contamination range (µg/kg)				موارد آلوده Contamination	تعداد نمونه Number of samples		نوع میوه خشک Type of Dried fruit
4-5	2-4	1-2	>1		n	%	
1	4	3	2	10	n	10	برگ زردآلو Dried Apricots
10	40	30	20	100	%		
3	3	4	0	10	n	10	برگ هلو Dried Peach
30	30	40	0	100	%		
4	3	2	1	10	n	10	برگ سیب Dried Apple
40	30	20	10	100	%		
0	2	5	3	10	n	10	برگ موز Dried Banana
0	20	50	30	100	%		
0	5	4	1	10	n	10	برگ کیوی Dried Kiwi
0	50	40	10	100	%		
8	17	18	7	50	n	50	جمع کل total
16 ^{bc}	34 ^a	36 ^a	14 ^{bc}	100	%		

n: تعداد نمونه. اعداد با حروف کوچک انگلیسی متفاوت، با $p < 0.01$ اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

Numbers with different lowercase English letters are statistically significantly different from each other with $p < 0.01$.

بیشترین میزان آلودگی به آفلاتوکسین B1 مربوط به سماق با ۵۰ درصد بود.

مقایسه میانگین آلودگی با استاندارد ایران: براساس نتایج به دست آمده در جدول ۳ و آزمون آماری Independent sample t.test تفاوت معنی داری $p < 0.01$ بین نمونه‌های میوه خشک و ادویه‌ها در استان سیستان و بلوچستان با استاندارد ایران وجود داشت. نتایج به دست آمده نشان دادند میانگین آلودگی به آفلاتوکسین B1 در میوه خشک ۱/۶۸ میکروگرم بر کیلوگرم و در ادویه‌ها ۱/۸۳ میکروگرم بر کیلوگرم بود. همچنین ارتباط بین میانگین

نتایج آلودگی به آفلاتوکسین B1 در ادویه‌ها: نتایج آلودگی به آفلاتوکسین B1 در ادویه‌ها در جدول ۲ آمده‌اند. نتایج نشان دادند از مجموع ۵۰ نمونه ادویه، 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 کیلوگرم) نبود. به این ترتیب از ۵۰ نمونه، ۲۰ درصد کمتر از ۱ میکروگرم بر کیلوگرم، ۳۸ درصد در محدوده ۱ تا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، ۳۶ درصد در محدوده ۲ تا ۴ میکروگرم بر کیلوگرم و ۶ درصد در محدوده ۴ تا ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند.

آلودگی در میوه خشک و ادویه‌ها با احتمال ۹۹ درصد معنی - دار بود (جدول ۳ و نمودار ۱).

جدول ۲- توزیع فراوانی مطلق و نسبی رخداد آلودگی به آفلاتوکسین B1 (میکروگرم بر کیلوگرم) در ادویه‌جات عرضه‌شده در سیستان و بلوچستان
Table 2- Absolute and relative frequency distribution of aflatoxin B1 contamination (micrograms/kg) in spices supplied in Sistan and Baluchestan

محدوده آلودگی (µg/kg) Contamination range (µg/kg)				موارد آلوده Contamination	تعداد نمونه Number of samples		نوع ادویه Type of Spices
4-5	2-4	1-2	>1		n	%	
0	4	4	2	10	n	10	دارچین Cinnamon
0	40	40	20	100	%		
0	3	5	2	10	n	10	فلفل سیاه Black pepper
0	30	50	20	100	%		
1	3	4	2	10	n	10	زردچوبه Turmeric
10	30	40	20	100	%		
1	3	3	3	10	n	10	آویشن Thyme
10	30	30	30	100	%		
1	5	3	1	10	n	10	سماق Sumac
10	50	30	10	100	%		
3	18	19	10	50	n	50	جمع کل total
6 ^c	36 ^a	38 ^a	20 ^b	100	%		

n: تعداد نمونه. اعداد با حروف کوچک انگلیسی متفاوت، با $p < 0.01$ اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر دارند.

Numbers with different lowercase English letters are statistically significantly different from each other with $p < 0.01$.

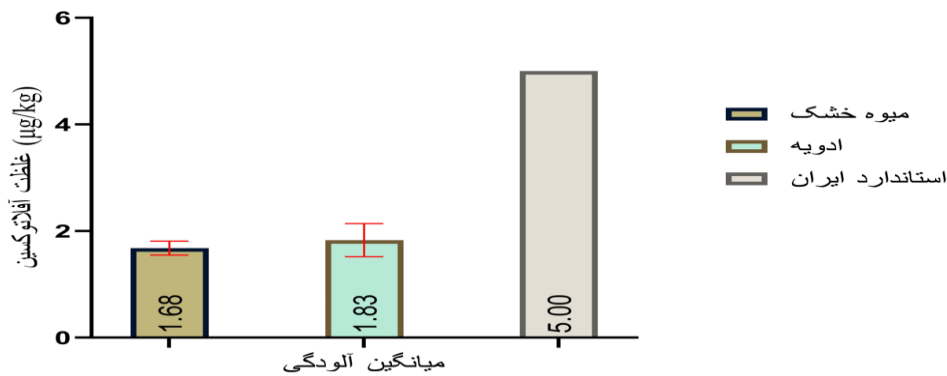
جدول ۳- مقایسه آلودگی به آفلاتوکسین B1 (میکروگرم بر کیلوگرم) در میوه خشک و ادویه‌های عرضه‌شده در استان سیستان و بلوچستان با استاندارد ایران

Table 3- Comparison of aflatoxin B1 consumption (µg/kg) in dried fruits and spices supplied in Sistan and Baluchestan province with Iranian standards

سطح معنی‌داری SD	استاندارد ایران Standard of Iran	میانگین آلودگی Average Contamination	نوع ماده غذایی Type of food
0/118 ^{ns}	5 (µg/kg)	1/68±0/3	میوه خشک Dried Fruit
0/121 ^{ns}	5 (µg/kg)	1/83±0/6	ادویه‌ها Spices
-	-	0/001**	سطح معنی‌داری

اعداد عبارت‌اند از میانگین ± انحراف معیار ns: تفاوت مقدار آفلاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران معنی‌دار نیست **: تفاوت مقدار آفلاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است ($p < 0.05$).

Numbers are mean ± standard deviation. ns: The difference in the aflatoxin content of the samples with different Iranian standards is not significant. **: The difference in the aflatoxin content of the samples with the Iranian standard is significant with a probability of 99% ($p < 0.05$).



نمودار ۱- مقایسه آلودگی به آفلاتوکسین B1 (میکروگرم بر کیلوگرم) در میوه خشک و ادویه‌های عرضه شده در استان سیستان و بلوچستان با استاندارد ایران

Chart 1 - Comparison of aflatoxin B1 (µg/kg) in dried fruits and spices supplied in Sistan and Baluchestan province with Iranian standards

جدول ۴- مقایسه میزان کل آفلاتوکسین B1 در نمونه‌های ادویه‌جات و میوه خشک

Table 4- Comparison of total aflatoxin B1 contamination levels in spice and dried fruit samples

سطح معنی داری Significance level	ادویه‌ها (درصد) Spices (%)	میوه خشک (درصد) dried fruit (%)	دامنه آلودگی Contamination range (µg/kg)
0/009**	10 (20%)	7 (14%)	>1
0/001**	18 (36%)	18 (36%)	1-2
0/001**	18 (36%)	17 (34%)	2-4
0/208 ^{ns}	3 (6%)	8 (16%)	4-5

ns: تفاوت بین نمونه‌های مختلف معنی دار نیست؛ * تفاوت بین نمونه‌ها با احتمال ۹۵ درصد معنی دار است ($p < 0.05$). **: تفاوت بین نمونه‌ها با احتمال ۹۹ درصد معنی دار است ($p < 0.01$).

ns: The difference between different samples is not significant. *: The difference between samples is significant with a 95% probability ($p < 0.05$). **: The difference between samples is significant with a 99% probability ($p < 0.01$).

بحث

میوه‌های خشک و ادویه‌ها مستعد آلودگی قارچی هستند و عمدتاً توسط گونه‌های تولیدکننده سم در قبل و بعد از برداشت آلوده می‌شوند. علاوه بر این، اکثر این محصولات بدون پردازش مناسب و در بیشتر موارد، بدون بسته‌بندی عرضه می‌شوند که با توجه به محیط مغذی که دارند، استعداد حضور و رشد گونه‌های مختلف مایکوتوکسین از جمله آفلاتوکسین B1 را دارند (۱۳)؛ در همین راستا، نتایج پژوهش حاضر نشان دادند ۱۰۰ درصد نمونه‌های میوه خشک و ادویه‌ها به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند که در میوه‌ها و ادویه‌ها میانگین غلظت آفلاتوکسین به ترتیب ۱/۶۸ و ۱/۸۳

مقایسه میزان آلودگی‌ها در میوه خشک و ادویه‌ها:

نتایج مقایسه میزان آلودگی‌ها در میوه خشک و ادویه‌ها در جدول ۴ آورده شده‌اند. هدف از این مقایسه تعیین ارتباط آماری بین میزان غلظت آفلاتوکسین در میوه خشک و ادویه‌جات است. به این ترتیب، بین غلظت‌های کمتر از ۱ (میکروگرم بر کیلوگرم) در میوه خشک و ادویه‌جات، بین غلظت‌های ۱ تا ۲ (میکروگرم بر کیلوگرم) و غلظت ۲ تا ۴ (میکروگرم بر کیلوگرم)، با احتمال ۹۹ درصد، ارتباط معنی‌دار وجود داشت؛ اما بین غلظت‌های ۴ تا ۵ (میکروگرم بر کیلوگرم) در میوه خشک و ادویه‌جات ارتباط آماری معنی‌داری وجود نداشت.

Alsharif et al. (2019) نشان دادند از مجموع ۱۲۰ نمونه میوه و ادویه خشک، ۳/۴ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۲۵). Ozkan et al. (2015) در ترکیه گزارش دادند ۲۷/۲۲ درصد از مجموع ۱۸۰ نمونه ادویه‌جات به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۲۶). در پاکستان Iqbal et al. (2010) گزارش دادند ۱۰۰ درصد از میوه‌های خشک نمونه‌گیری شده دارای آلودگی به آفلاتوکسین بودند (۲۷). در برزیل Milhome et al. (2014) گزارش دادند ۲/۸ درصد (۲۸) از نمونه‌ها بیش از MTL^9 اروپا و ایران به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند که هیچ‌کدام از مطالعات یادشده مطابقتی با یافته‌های پژوهش حاضر ندارند. از مهم‌ترین دلایل عدم مطابقت بین یافته‌های سایر پژوهشگران با نتایج مطالعه حاضر می‌توان به تفاوت در دوره‌های نمونه‌گیری مانند فصل نمونه‌گیری، روش‌های اندازه‌گیری، شیوه آماده‌سازی و وضعیت بسته‌بندی و عدم بسته‌بندی محصولات و نیز مهم‌ترین عامل، دما و شرایط جغرافیایی محل‌های نمونه‌گیری اشاره کرد.

Raza et al. (2022) در پاکستان، روی میزان بروز آفلاتوکسین در ادویه‌های موجود در کراچی گزارش دادند از مجموع ۳۶۰ نمونه ادویه، ۵۷ نمونه از ادویه‌ها دارای آلودگی به آفلاتوکسین B1 بودند و بیشترین میزان آفلاتوکسین B1 در زردچوبه و کمترین آن در گشنیز بود. این پژوهشگران گزارش دادند آلودگی هیچ‌کدام از ادویه‌های عرضه‌شده در کراچی فراتر از استاندارد نبود (۲۹). Koutsias et al. (2021) روی آلودگی ادویه‌های عرضه‌شده در یونان به آفلاتوکسین B1 گزارش دادند از مجموع ۲۹ نمونه، ۲۰ نمونه (۶۸/۹ درصد) آلوده بودند (۳۰) که با نتایج پژوهش حاضر مطابق است. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان دادند آلودگی هیچ‌کدام از ادویه‌های عرضه‌شده در سیستان و بلوچستان فراتر از استاندارد نبود. شرایط مختلف فرآوری و نگهداری می‌تواند باعث رشد کپک و ایجاد

میکروگرم بر کیلوگرم بود. چندین مطالعه در سراسر دنیا آلودگی آفلاتوکسین B1 را در ادویه‌ها گزارش کردند. خزایی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی، ۱۰۶ نمونه ادویه از ۵ شهر ایران شامل کرمان، تبریز، تهران، ساری و بندرعباس را به‌صورت تصادفی نمونه‌گیری کردند و گزارش دادند ۱۶/۵ درصد نمونه‌ها به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۱۴). رضائی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی گزارش دادند از مجموع ۲۰۰ نمونه ادویه نمونه‌گیری شده در شهرستان تهران، ۶ درصد به آفلاتوکسین آلوده بودند (۱۵). مطالعه‌ای با هدف تعیین میزان آلودگی به آفلاتوکسین B1 در کرمان توسط دینی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شد که ۱۰۰ درصد نمونه‌ها به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۱۶). چراغی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای گزارش دادند از مجموع ۳۱۸۱ نمونه که در رفسنجان و کرمان نمونه‌گیری شد، ۷/۵ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۱۷). در تبریز رضوی و همکاران (۲۰۲۴) گزارش دادند از مجموع ۷۵ نمونه، ۲۵ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۱۸). در مطالعه سرهنگ‌پور و همکاران (۲۰۱۰)، از مجموع ۹۵ نمونه ادویه‌جات، ۲۹ درصد به آفلاتوکسین آلوده بودند (۱۹). در پژوهش Fazekas et al. (2005) در مجارستان، از مجموع ۹۵ نمونه ادویه‌جات، ۱۳/۳ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۲۰). در لبنان نیز Daou et al. (2018) گزارش دادند از مجموع ۳۱۲ نمونه، ۱۵/۹ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بوده است (۲۱). Paterson et al. (2007) در پاکستان در پژوهشی با هدف تعیین میزان آفلاتوکسین B1 در ۲۵ نمونه ادویه‌جات، گزارش دادند ۶۲ درصد نمونه‌ها به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۲۲). در فلسطین Barakat & Swaileh (2022) در پژوهشی گزارش دادند ۲۳ درصد نمونه‌های ادویه‌جات به آفلاتوکسین آلوده بودند (۲۳). در پاکستان Khan et al. (2014) آلودگی ۲۸ درصدی میوه‌های خشک به آفلاتوکسین B1 را گزارش دادند (۲۴). در مالزی

⁹ Maximum Tolerance Limited

آلودگی فراتر از استاندارد گزارش ندادند. در پاکستان Asghar et al. (2017) میانگین آلودگی به آفلاتوکسین B1 در میوه‌های خشک را ۰/۸۵ (میکروگرم بر کیلوگرم) تعیین کرد (۴۰). حشمتی و همکاران (۲۰۱۷)، در همدان میانگین آلودگی به آفلاتوکسین B1 را ۲/۵۶ (میکروگرم بر کیلوگرم) گزارش دادند (۴۱). پژوهشی توسط Iqbal et al. (2017) روی آلودگی به آفلاتوکسین B1 در میوه‌های خشک صورت گرفت که گزارش دادند محدوده غلظت آفلاتوکسین ۲/۱۰ (میکروگرم بر کیلوگرم) بود (۴۲). رضایی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای روی ۶۰ نمونه میوه خشک نمونه‌گیری‌شده در شهرستان تهران گزارش دادند میانگین آلودگی ۱/۵۶ (میکروگرم بر کیلوگرم) بود (۴۳). تمامی نتایج و گزارش‌های یادشده با مطالعه حاضر هم‌راستا هستند.

کشورهایی که آب‌وهوای معتدل، گرم و تا حدودی مرطوب دارند، در مقایسه با سایر مناطق، احتمال آلودگی بیشتری به انواع مایکوتوکسین‌ها از جمله آفلاتوکسین B1 دارند. غلظت آفلاتوکسین B1 در میوه‌های خشک از سالی به سال دیگر متفاوت است که به شدت با نوسانات آب‌وهوایی مرتبط است. برای به حداقل رساندن تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر رشد مایکوتوکسین در میوه‌های خشک، یک رویکرد چندوجهی نیاز است که شامل استراتژی‌های کاهش و سازگاری باشد؛ این شامل اجرای شرایط ذخیره‌سازی دقیق، از جمله کنترل دقیق دما، رطوبت، سطوح رطوبت، بسته‌بندی و مدیریت آفات است که همه در عین رعایت شیوه‌های درست تولید صورت می‌گیرد. از آنجایی که AFB1 توسط IARC به‌عنوان سرطان‌زای انسانی گروه ۱ طبقه‌بندی شده است، آلودگی در این غذاها تهدیدی جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان به‌ویژه کودکان است. حذف یا نابودی کامل سموم کپکی در محصولات غذایی امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین، مدیریت مؤثر و اتخاذ استراتژی‌های کنترلی برای تضمین ایمنی مصرف‌کنندگان ضروری است. یک رویکرد عملی در این زمینه استفاده از سیستم مدیریت ایمنی مواد

مایکوتوکسین شود. از مهم‌ترین روش‌های به حداقل رساندن رشد و تکثیر کپک‌ها می‌توان به روش‌های تولید مناسب پس از برداشت گیاهان همچون تمیزکردن، خشک کردن و بسته‌بندی اشاره کرد.

Sahin et al. (2024) در مطالعه‌ای روی آلودگی به آفلاتوکسین در میوه‌های خشک عرضه‌شده در ترکیه گزارش دادند آفلاتوکسین در نمونه‌های میوه خشک ۱۸/۱۸ درصد فراتر از استاندارد اروپا بود (۳۱). در همین راستا Mannani et al. (2023) در پژوهشی گزارش دادند از مجموع ۲۱۰ نمونه میوه خشک نمونه‌گیری‌شده در مراکش، ۹۹/۱ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند (۳۲). Naeem et al. (2022) در پژوهشی در پاکستان گزارش دادند از مجموع ۶۰ نمونه میوه خشک، ۷/۸۶ درصد دارای آلودگی به آفلاتوکسین B1 بودند (۳۳). در پاکستان Nazir et al. (2021) گزارش دادند از مجموع ۵۰ نمونه میوه خشک، ۱۰ درصد به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند که ۵۹ درصد فراتر از استاندارد بوده است (۳۴). Ali et al. (2020) در پاکستان در پژوهشی با هدف تعیین سطح آفلاتوکسین B1 در میوه‌های خشک گزارش دادند ۱۳/۳۰ درصد نمونه‌ها فراتر از استاندارد آلودگی داشتند (۳۵). Patel et al. (2020) در پژوهشی گزارش دادند از مجموع ۱۵۰ نمونه، ۴۱/۶ درصد فراتر از استاندارد آلودگی داشتند (۳۶). Bakırcı et al. (2020) در ترکیه گزارش دادند از مجموع ۱۹۷۳ نمونه که در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ نمونه‌گیری و آزمایش شده بود، ۲/۱۲ درصد فراتر از استاندارد آلودگی به آفلاتوکسین B1 را گزارش دادند (۳۷) که با نتایج حاصل از یافته‌های حاضر مطابقت ندارد. در این پژوهش هیچ‌کدام از نمونه‌ها فراتر از استاندارد ایران و اروپا نبودند.

Ugur et al. (2023) در ترکیه گزارش دادند هیچ‌کدام از میوه‌های خشک نمونه‌گیری‌شده در ترکیه آلودگی فراتر از استاندارد اروپا نداشتند (۳۸). در همین راستا Awan et al. (2021) (۳۹) نیز در هیچ‌کدام از نمونه‌های میوه خشک

از پژوهش حاضر، هیچ کدام از ادویه‌ها و میوه خشک نمونه‌گیری شده در استان سیستان و بلوچستان آلودگی فراتر از استاندارد ایران و اروپا نداشتند که می‌توان به تازگی محصولات و نگهداری در شرایط استاندارد اشاره کرد؛ بنابراین، مصرف ادویه‌جات و میوه‌های خشک عرضه شده در استان سیستان و بلوچستان نمی‌تواند مخاطرات نگران‌کننده‌ای برای سلامت مصرف‌کننده به وجود بیاورد.

غذایی مبتنی بر HACCP یا تجزیه و تحلیل خطر و نقاط کنترل بحرانی در هنگام تهیه و تولید مواد اولیه و همچنین عملیات ذخیره‌سازی، تولید و پس از تولید محصولات غذایی است. سیستم‌های مدیریت ایمنی مواد غذایی باید به گونه‌ای عمل کنند که مصرف‌کنندگان در نهایت در معرض کمترین سطوح آفلاتوکسین قرار گیرند. با توجه به نتایج به دست آمده

References

- (1) Akhtar S, Riaz M, Naeem I, Gong YY, Ismail A, Hussain M, et al. Risk assessment of aflatoxins and selected heavy metals through intake of branded and non-branded spices collected from the markets of Multan city of Pakistan. *Food Control*. 2020;112:107132. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107132>
- (2) Li Y, Yu H, Liu D, Luo S, Gao X, Zhang L, et al. Aflatoxins in dried chilli products in Gansu Province and health risk. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2024;17(4):352-9. <https://doi.org/10.1080/19393210.2024.2386281>
- (3) Shabeer S, Asad S, Jamal A, Ali A. Aflatoxin contamination, its impact and management strategies: an updated review. *Toxins*. 2022;14(5):307. <https://doi.org/10.3390/toxins14050307>
- (4) Dogi C, Armando R, Ludueña R, De Moreno de LeBlanc A, Rosa C, Dalcero A, et al. *Saccharomyces cerevisiae* strains retain their viability and aflatoxin B1 binding ability under gastrointestinal conditions and improve ruminal fermentation. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2011;28(12):1705-11. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.605771>
- (5) Medalcho TH, Abegaz K, Dessalegn E, Mate J. Aflatoxin B1 detoxification potentials of garlic, ginger, cardamom, black cumin, and Sautéing in ground spice mix red pepper products. *Toxins*. 2023;15(5):307. <https://doi.org/10.3390/toxins15050307>
- (6) Chasna M, Rajawardana D, Amunugoda P. An overview of the impact of climatic change on the occurrence of aflatoxins in cereals: Sri Lankan perspective. YSF Thematic Publication 2024. 2024:19.
- (7) González-Curbelo MÁ, Kabak B. Occurrence of mycotoxins in dried fruits worldwide, with a focus on aflatoxins and ochratoxin A: A review. *Toxins*. 2023;15(9):576. <https://doi.org/10.3390/toxins15090576>
- (8) Syamilah N, Nurul Afifah S, Effarizah M, Norlia M. Mycotoxins and mycotoxigenic fungi in spices and mixed spices: A review. *Food Res*. 2022;6:30-46. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).971](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).971)
- (9) Shekhar H, Sharma A. Global food production and distribution analysis using data mining and unsupervised learning. *Recent Advances in Food Nutrition & Agriculture*. 2023;14(1):57-70. <https://doi.org/10.2174/2772574X14666230126095121>
- (10) Åkesson MT, Point CC, di Caracalla VdT. Joint FAO/WHO food standards programme codex committee on contaminants in foods. WHO, Geneva. 2015.
- (11) Aghebatbinyeganeh K, Abdallah MF. An overview of regional mycotoxin contamination in Iranian food. *Food and Humanity*. 2024:100370. <https://doi.org/10.1016/j.fooHum.2024.100370>
- (12) Rahimi E, Heidarzadi MA, Vahad Dehkordi N. Aflatoxin B1 concentrations in corn flour and wheat flour supplied in Shahrekord province using ELISA method in 2022. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2023;16(3):433-44. <http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6801-en.html> [In Persian].

- (13) Costa J, Rodríguez R, Garcia-Cela E, Medina A, Magan N, Lima N, et al. Overview of fungi and mycotoxin contamination in Capsicum pepper and in its derivatives. *Toxins*. 2019;11(1):27. <https://doi.org/10.3390/toxins11010027>
- (14) Khazaeli P, Mehrabani M, Heidari MR, Asadikaram G, Najafi ML. Prevalence of aflatoxin contamination in herbs and spices in different regions of Iran. *Iranian Journal of Public Health*. 2017;46(11):1540. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5696694/>
- (15) Rezaei M, Karimi F, Parviz M, Behzadi AA, Javadzadeh M, Mohammadpourfard I, et al. An empirical study on aflatoxin occurrence in nuts consumed in Tehran, Iran 2013. *Health*. 2014;2014. <https://doi.org/10.4236/health.2014.68084>
- (16) Dini A, Khazaeli P, Roohbakhsh A, Madadlou A, Poureandari M, Setoodeh L, et al. Aflatoxin contamination level in Iran's pistachio nut during years 2009–2011. *Food Control*. 2013;30(2):540-4. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.08.012>
- (17) Cheraghali A, Yazdanpanah H, Doraki N, Abouhossain G, Hassibi M, Ali-Abadi S, et al. Incidence of aflatoxins in Iran pistachio nuts. *Food and Chemical Toxicology*. 2007;45(5):812-6. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.10.026>
- (18) Razavi MS, Movassaghghazani M. Risk characterization for aflatoxin B1 in spices in Tabriz, Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2024;136:106799. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106799>
- (19) Sarhang Pour R, Rasti M, Zighamian H, Garmakhani AD. Occurrence of aflatoxins in pistachio nuts in Esfahan Province of Iran. *Journal of Food Safety*. 2010;30(2):330-40. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00210.x>
- (20) Fazekas B, Tar A, Kovacs M. Aflatoxin and ochratoxin A content of spices in Hungary. *Food Additives and Contaminants*. 2005;22(9):856-63. <https://doi.org/10.1080/02652030500198027>
- (21) Daou R, Joubrane K, Khabbaz LR, Maroun RG, Ismail A, El Khoury A. Aflatoxin B₁ and ochratoxin A in imported and Lebanese wheat and-products. 2021. <https://doi.org/10.1080/19393210.2021.1933203>
- (22) Paterson RRM. Aflatoxins contamination in chilli samples from Pakistan. *Food Control*. 2007;18(7):817-20. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.04.005>
- (23) Barakat S, Swaileh K. Fungal contamination, aflatoxigenic fungi and levels of aflatoxin B1 in spices marketed in the West Bank of Palestine. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2022;15(4):245-53. <https://doi.org/10.1080/19393210.2022.2085330>
- (24) Khan MA, Asghar MA, Iqbal J, Ahmed A, Shamsuddin ZA. Aflatoxins contamination and prevention in red chillies (Capsicum annum L.) in Pakistan. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2014;7(1):1-6. <https://doi.org/10.1080/19393210.2013.825330>
- (25) Alsharif AMA, Choo Y-M, Tan G-H. Detection of five mycotoxins in different food matrices in the Malaysian market by using validated liquid chromatography electrospray ionization triple quadrupole mass spectrometry. *Toxins*. 2019;11(4):196. <https://doi.org/10.3390/toxins11040196>
- (26) Özkan A, Bindak R, Erkmen O. Aflatoxin B1 and aflatoxins in ground red chilli pepper after drying. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 2015;8(3):227-33. <https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1063014>
- (27) Iqbal SZ, Paterson RRM, Bhatti IA, Asi MR, Sheikh MA, Bhatti HN. Aflatoxin B₁ in chillies from the Punjab region, Pakistan. *Mycotoxin Research*. 2010;26:205-9. <https://doi.org/10.1007/s12550-010-0055-6>
- (28) Millhome M, Lima C, De Lima L, Lima F, Sousa D, Nascimento R. Occurrence of aflatoxins in cashew nuts produced in northeastern Brazil. *Food control*. 2014;42:34-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.033>
- (29) Raza R, Liaquat A, Ayaz A, Sarwar F. Incidence of Aflatoxin B₁, B₂, G₁, G₂ in Spices Marketed in Karachi, Pakistan.

- Journal of Research (Science). 2022;33(3):80-8.
<http://jorscience.com/index.php/JRS/article/view/20>
- (30) Koutsias I, Kollia E, Makri K, Markaki P, Proestos C. Occurrence and risk assessment of aflatoxin b1 in spices marketed in Greece. *Analytical Letters*. 2021;54(12):1995-2008.
<https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1832509>
- (31) Sahin GA, Aykemat Y, Yildiz AT, Dishan A, Inanc N, Gonulalan Z. Total aflatoxin and ochratoxin A levels, dietary exposure and cancer risk assessment in dried fruits in Türkiye. *Toxicol*. 2024;237:107540.
<https://doi.org/10.1016/j.toxicol.2023.107540>
- (32) Mannani N, El Boujamaai M, Sifou A, Bennani M, El Adlouni C, Zinedine A. Aflatoxins and Ochratoxin A in dried fruits from Morocco: Monitoring, regulatory aspects, and exposure assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2023;145:105503.
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2023.105503>
- (33) Naeem I, Ismail A, Rehman AU, Ismail Z, Saima S, Naz A, et al. Prevalence of aflatoxins in selected dry fruits, impact of storage conditions on contamination levels and associated health risks on Pakistani consumers. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(6):3404.
<https://doi.org/10.3390/ijerph19063404>
- (34) Nazir A, Asif M, Kalim I, Ahmad N, Iqbal M. Quantification of aflatoxins in dry fruits using ELISA with reference to standards for human consumption. *Chemistry International*. 2021;7(4):224-9.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6801794>
- (35) Ali S, Ali A, Sartaj A, Ali M, Amjad A. Natural occurrence of aflatoxin B1 In dry fruits of Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Fresenius Environ Bull*. 2020;29:2018-22.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20210092296>
- (36) Patel A, Pandey AK, Mishra RP. Qualitative and quantitative analysis of aflatoxins in dry fruits and nuts from central India. *Def Life Sci J*. 2020;5:278-82.
<https://doi.org/10.14429/dlsj.5.15869>
- (37) Bakırcı G. Investigation of aflatoxins levels in commercial dried figs from western Turkey. *International Food Research Journal*. 2020;27(2):245-51.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20203241434>
- (38) Ugur H, Omurtang GZ, Omurtang Bİ, Yaman M. Determination of aflatoxins and ochratoxin A levels in nuts and dried fruits in Turkey with evaluation of the estimated daily intake. *Journal of Food & Nutrition Research*. 2023;62(4).
<https://hdl.handle.net/20.500.12436/5841>
- (39) Awan HS, Ahmad KS, Iram S, Hanif NQ, Gul MM. Analysis and quantification of naturally occurring aflatoxin B1 in dry fruits with subsequent physical and biological detoxification. *Natural Product Research*. 2022;36(12):3100-4.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1935930>
- (40) Asghar MA, Ahmed A, Zahir E, Asghar MA, Iqbal J, Walker G. Incidence of aflatoxins contamination in dry fruits and edible nuts collected from Pakistan. *Food Control*. 2017;78:169-75.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.058>
- (41) Heshmati A, Zohrevand T, Khaneghah AM, Nejad ASM, Sant'Ana AS. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in dried fruits in Iran: Dietary exposure risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*. 2017;106:202-8.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.05.046>
- (42) Iqbal SZ, Mehmood Z, Asi MR, Shahid M, Sehar M, Malik N. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in nuts, dry fruits, and nuty products. *Journal of Food Safety*. 2018;38(4):e12462.
<https://doi.org/10.1111/jfs.12462>
- (43) Reazai M, Sayadi M, Akbarpour B, Mohammadpourfard I, Behzadi A, Teimoory H. Safety of dried fruits marketed in Tehran as assessed by aflatoxins contamination. *Int J Food Nutr Saf*. 2014;5(1):24-30.
<https://B2n.ir/pe6979>