

Evaluation of Aflatoxin B1 in peanut seeds, oil and butter supplied in Karaj County by ELISA method

Nazli Seify¹, Ebrahim Rahimi^{2*}

¹ Graduate Master in Food Hygiene, Department of Food Hygiene, Islamic Azad University of Shahrekord Branch, Shahrekord, Iran

² Professor, Department of Food Hygiene, Islamic Azad University of Shahrekord Branch, Shahrekord, Iran,
Email: ebrahimrahimi55@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received: 2024-11-25
Revised: 2025-03-01
Accepted: 2025-03-25

Keywords:

Aflatoxin B1
Peanuts
Peanut oil
Peanut butter
Food safety

ABSTRACT

Background and Objective: Globally, among all mycotoxins, aflatoxins pose a significant threat to human and animal health and have led to strict food regulatory restrictions to protect public health. Aflatoxin B1 is the most toxic mycotoxin found in most foods. This toxin has the ability to cause liver metastases, leukemia, and brain disorders in children and is produced by *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, and *Aspergillus parasiticus*. Given the favorable climatic conditions for aflatoxin growth in most regions of Iran, monitoring this toxin in foods is important. In this regard, the aim of the present study is to evaluate aflatoxin B1 in peanut seeds, oil, and butter supplied in Karaj city by ELISA.

Materials and Methods: In this study, 60 samples including 20 peanut butter samples, 20 peanut oil samples and 20 peanut kernel samples were randomly sampled from the centers supplying this product in Karaj city and transferred to the laboratory. The tests were performed using an ELISA device with a EuroProxima kit. For statistical analysis, SPSS version 23 software was used for calculations and data evaluation, which was performed using Independent sample t.test and ANOVA and Duncan test to compare means and Chi-Square test to compare frequency percentages, and Excel software was used to draw graphs.

Results: The results showed that all peanut butter, peanut kernel and peanut oil samples sampled in Karaj city were contaminated with aflatoxin B1, but none of the contaminations exceeded the Iranian national standard listed on the website of the Iranian Standards and Industrial Research Organization (8 µg/kg) (5925). Thus, out of 60 samples, 5 samples (8.33%) were contaminated with aflatoxin B1 at levels below 1 µg/kg, 6 samples (10%) were contaminated with levels between 1 and 2 µg/kg, 32 samples (33.33%) were contaminated with levels between 2 and 4 µg/kg, and 17 samples (28.33%) were contaminated with levels between 4 and 5 µg/kg. The results showed that none of the samples were contaminated with aflatoxin above 5 µg/kg. The results showed that among the types of oil, butter, and peanuts sampled in Karaj County, the highest and lowest concentrations of aflatoxin B1 were related to peanut oil with 3.4 µg/kg, peanut butter with 2.97 µg/kg, and peanuts with 2.94 µg/kg, respectively.

Conclusions: Exposure to mycotoxins in food is largely unavoidable and concerns about their health effects are increasing. The results of the present study showed that consumption of peanut oil, butter, and seeds supplied in Karaj city cannot pose any concerning risks to consumer health.

Cite this article: Seify, N., Rahimi, E. 2025. Evaluation of Aflatoxin B1 in peanut seeds, oil and butter supplied in Karaj County by ELISA method. *Food Processing and Preservation Journal*, 17(1), 79-90.



© The Author(s).

DOI: [10.22069/fppi.2025.23027.1848](https://doi.org/10.22069/fppi.2025.23027.1848)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ارزیابی آفلاتوکسین B1 در دانه، روغن و کره بادام زمینی عرضه شده در شهرستان کرج به روش الایزا

نازلی سیفی^۱، ابراهیم رحیمی^{۲*}

^۱ دانش آموخته بهداشت مواد غذایی، گروه بهداشت مواد غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
^۲ استاد، گروه بهداشت مواد غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران، رایانامه: ebrahimrahimi55@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: در سطح جهانی، از بین تمام سموم قارچی، آفلاتوکسین ها تهدید قابل توجهی برای سلامت انسان و حیوانات هستند و سبب ایجاد نظارت های سختگیرانه و محدودکننده روی مواد غذایی برای محافظت از سلامت عمومی شده است. آفلاتوکسین B1 سمی ترین مایکوتوکسین است که در اکثر مواد غذایی وجود دارد. این سم توانایی ایجاد سران کبد، سرطان خون و اختلالات مغزی در کودکان را دارد و توسط آسپرژیلوس فلاووس، آسپرژیلوس نومیوس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می شود. با توجه به شرایط مطلوب رشد آفلاتوکسین از لحاظ آب و هوایی در اکثر مناطق ایران، پایش این سم در مواد غذایی حائز اهمیت است که در همین راستا هدف از پژوهش حاضر ارزیابی آفلاتوکسین B1 در دانه، روغن و کره بادام زمینی عرضه شده شهرستان کرج به روش الایزا است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۵	مواد و روش ها: در این مطالعه تعداد ۶۰ نمونه شامل ۲۰ نمونه کره بادام زمینی، ۲۰ نمونه روغن بادام زمینی و ۲۰ نمونه دانه ی بادام زمینی به صورت تصادفی از مراکز عرضه این محصول در شهرستان کرج نمونه گیری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. آزمایش ها با استفاده از دستگاه الایزا با کیت EuroProxima انجام شد. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ و برای محاسبات و ارزیابی داده ها، با استفاده از آزمون های آماری Independent sample t. test، ANOVA و تست Duncan برای مقایسه میانگین ها و از آزمون کای دو (Chi-Square) برای مقایسه درصد فراوانی ها انجام شد و از نرم افزار اکسل برای رسم نمودارها بهره گرفته شد.
واژه های کلیدی: آفلاتوکسین B1 بادام زمینی روغن بادام زمینی کره بادام زمینی امنیت غذایی	یافته ها: نتایج نشان داد تمامی نمونه های کره بادام زمینی، دانه بادام زمینی و روغن بادام زمینی نمونه گیری شده در شهرستان کرج به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند اما هیچ کدام از آلودگی ها فراتر از استاندارد ملی ایران، مندرج در وبسایت اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۸ میکروگرم بر کیلوگرم) (۵۹۲۵) نبود. به این ترتیب از ۶۰ نمونه ۵ نمونه (۸/۳۳ درصد) کمتر از ۱ میکروگرم بر کیلوگرم، ۶ نمونه (۱۰ درصد) در محدوده ۱ تا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، ۳۲ نمونه (۳۳/۳۳ درصد) در محدوده ۲ تا ۴ میکروگرم بر کیلوگرم و ۱۷ نمونه (۲۸/۳۳ درصد) در محدوده ۴ تا پنج میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند. نتایج نشان داد هیچ کدام

از نمونه‌ها فراتر از ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین آلوده نبودند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد بین انواع روغن، کره و دانه بادام‌زمینی نمونه‌گیری شده در شهرستان کرج، بیشترین و کمترین غلظت آفلاتوکسین B1 به ترتیب مربوط به روغن بادام‌زمینی با ۳/۴ میکروگرم بر کیلوگرم، کره بادام‌زمینی ۲/۹۷ میکروگرم بر کیلوگرم و کمترین میزان آلودگی به آفلاتوکسین مربوط به بادام‌زمینی با ۲/۹۴ میکروگرم بر کیلوگرم بود.

نتیجه‌گیری: قرار گرفتن در معرض مایکوتوکسین‌ها در غذا تا حد زیادی اجتناب‌ناپذیر است و نگرانی‌ها در مورد اثرات سلامتی آن‌ها در حال افزایش است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف روغن، کره و دانه‌ی بادام‌زمینی عرضه‌شده در شهرستان کرج نمی‌تواند مخاطرات نگران‌کننده‌ای برای سلامت مصرف‌کننده ایجاد کند.

استناد: سیفی، نازلی؛ رحیمی، ابراهیم. (۱۴۰۳). ارزیابی آفلاتوکسین B1 در دانه، روغن و کره بادام زمینی عرضه شده در شهرستان کرج به روش الایزا. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۷ (۱)، ۷۹-۹۰.



© نویسندگان.

DOI: [10.22069/fppj.2025.23027.1848](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.23027.1848)

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

آلودگی محصولات زراعی با میکروارگانیسم‌ها ازجمله کپک‌ها در سرتاسر جهان نشان می‌دهد که استراتژی‌هایی که در حال حاضر استفاده می‌شوند برای اطمینان از ایمنی مواد غذایی ذخیره‌شده کافی نیستند و ضرورت دارد قوانین سختگیرانه‌ای لحاظ گردد (۱). محدود کردن تجارت از مناطق خاصی که در آن آلودگی شایع است می‌تواند راهکارهای مناسبی برای ایجاد قوانینی در جهت کاهش آلودگی‌ها باشد (۲). از مهم‌ترین سمومی که می‌توانند بر کالاهای تجاری تأثیرات سوء بگذارند و بر زنجیره تأمین کالا، صادرات و واردات مواد غذایی از کشورهای مختلف تأثیرات مخربی اعمال کنند می‌توان به کپک‌ها و متابولیت‌های آن یعنی مایکوتوکسین‌ها اشاره کرد.

مایکوتوکسین‌ها به دلیل اثرات مضرشان، نگرانی‌های مهم جهانی و چالش بزرگی برای ایمنی مواد غذایی محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که در محصولات غذایی، سالانه بیش از ۹۳۲ میلیون دلار خسارت مالی در سطح جهانی گزارش شده است (۳). این متابولیت‌های سمی با وزن مولکولی کم از قارچ‌های مایکوتوکسیژنیک مانند آسپرژیلوس، آلترناریا، فوزاریوم و پنی‌سیلیوم‌ها منشأ می‌گیرند و سبب آلوده کردن دسته‌های مختلف غذاها و خوراک‌ها در طول زنجیره مدیریت قبل از برداشت، پس از برداشت و ذخیره‌سازی مواد غذایی می‌شوند (۴). بیش از ۴۰۰ مایکوتوکسین به‌عنوان ترکیبات سمی طبقه‌بندی شده‌اند و عوارض آن در انسان شامل: نکروز، هپاتیت، خونریزی، ژنیکوماستی همراه با آتروفی بیضه، اختلالات عصبی، سرطان و مرگ در موارد شدید است. به همین ترتیب، خوراک دام آلوده به مایکوتوکسین‌ها می‌تواند منجر به کاهش مواد مغذی موجود در خوراک، بیماری‌های مزمن، آسیب به سلامت دام، مرگ‌ومیر و کاهش تولید شود. سمی‌ترین

انواع مایکوتوکسین‌ها آفلاتوکسین‌ها (AF) و اکراتوکسین‌ها (OT) هستند (۵).

آفلاتوکسین‌ها (Aflatoxins)، که متابولیت‌های ثانویه آسپرژیلوس فلاووس، آسپرژیلوس نومیوس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس هستند، گروهی از ترکیبات بسیار سمی، جهش‌زا و سرطان‌زا هستند. Afs توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان به‌عنوان سرطان‌زای گروه ۱ طبقه‌بندی شده‌اند (۶). اشکال عمده آفلاتوکسین عبارتند از آفلاتوکسین B1 (AFB1)، آفلاتوکسین B2 (AFB2)، آفلاتوکسین G1 (AFG1)، آفلاتوکسین G2 (AFG2) و آفلاتوکسین M1 (AFM1) است که ترتیب سمیت $B1 > G1 > M1 = B2 > G2$ است (۷). آفلاتوکسین B1 (Aflatoxin B1) بیشتر در غلات، مغزها و خوراک‌ها شناسایی شده است (۸)؛ آجیل، خشکبار و مغزیجات حاوی مواد مغذی غنی هستند و بنابراین به دلیل شرایط بد آب‌وهوا، پردازش و نگهداری در برابر آلودگی با قارچ‌های سمی و آفلاتوکسین‌ها بسیار آسیب‌پذیر هستند. این ترکیبات دارای پروتئین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع و ویتامین‌ها هستند که دارای اثرات دارویی مفیدی (مانند آنتی اکسیدان‌ها ضد سرطان‌زاها) می‌باشند و به‌طور گسترده مصرف می‌شوند. آجیل‌های خوراکی رایج عمدتاً شامل آجیل‌های درختی (به‌عنوان مثال، گردو، فندق، بادام) و مغزهای دانه‌ای (مانند بادام‌زمینی، تخمه آفتابگردان، تخمه کدو) است (۹). بااین‌حال، این محصولات بسیار مستعد حمله قارچی هستند. رشد کپک و تولید مایکوتوکسین در میوه‌های خشک قبل از برداشت، در طول پردازش و ذخیره‌سازی اتفاق می‌افتد و به‌ویژه تحت تأثیر شرایط محیطی بحرانی مانند رطوبت و دما هستند (۱۰).

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات روغنی است که رتبه اول را در بین محصولات روغنی در چین دارد و ۴۰ درصد از

کل تولید بادام‌زمینی جهان را به خود اختصاص داده است. بادام‌زمینی سرشار از روغن پروتئین، فیبر، اسیدهای چرب غیراشباع، ویتامین‌ها و مواد معدنی است، بنابراین یک محیط طبیعی برای رشد آفاتوکسین است (۱۱). بادام‌زمینی یکی از گیاهان زراعی است که به شدت در مقابل آسیب‌های ناشی از کپک‌ها قرار دارد، زیرا غلاف‌های دانه‌دار بادام‌زمینی در زیر سطح خاک قرار دارند و در تماس مستقیم با میکروارگانیسم‌های طبیعی خاک شامل آسپرژیلوس‌ها، پنی‌سیلیوم‌ها و فوزاریوم‌ها هستند. دانه‌ها اغلب قبل از برداشت توسط هر سه گونه کپک آلوده می‌شوند. شیوه‌های کشاورزی از جمله تناوب زراعی، خاک ورزی، آبیاری و کوددهی، و همچنین تاریخ کاشت، مقاومت ژنتیکی، نوع خاک و شرایط آب و هوایی همگی عواملی هستند که بر آلودگی آفاتوکسین B1 بادام‌زمینی قبل از برداشت تأثیر می‌گذارند. در شرایط خشک‌سالی جدی و/یا دمای بالا قبل از برداشت، تهاجم قارچ‌ها و تجمع آفاتوکسین B1 تسریع می‌شود (۱۲). گره بادام‌زمینی، جزو محصولات مغذی محسوب می‌شود زیرا حاوی پروتئین، روغن، اسیدهای چرب، کربوهیدرات‌ها و مواد معدنی است. مطابق تحقیقات، ۱۰۰ گرم بادام‌زمینی بوده ۱/۵۵ گرم آب، ۲۱/۵۱ گرم کربوهیدرات، ۸ گرم فیبر، ۹/۶۶ گرم چربی، ۲۳/۶۸ گرم پروتئین و ۵۸۵ کیلوکالری دارد که این مغذی بودن، سبب تسریع در رشد و القای تأثیرات آفاتوکسین B1 است (۱۳).

پژوهش‌ها نشان داده است که قرار گرفتن مزمن در معرض آفاتوکسین‌ها با کوتاه‌دلی در کودکان مرتبط است؛ با این حال، تحقیقات بیشتری برای کشف مکانیسمی که آفاتوکسین ممکن است بر رشد کودک تأثیر بگذارد، مورد نیاز است و هنوز اطلاعات کافی برای نتیجه‌گیری اینکه قرار گرفتن در معرض

آفاتوکسین بر ایمنی انسان تأثیر می‌گذارد و در نتیجه حساسیت بیشتری به بیماری دارد، وجود ندارد (۱۴). در ایران پژوهش متاآنالیز توسط صدیق‌آرا و قناتی (۲۰۲۰) باهدف بررسی محتوای آفاتوکسین B1 در غذاهای مبتنی بر بادام‌زمینی انجام گرفت و گزارش دادند که میزان آلودگی AFB1 بادام‌زمینی در مشهد و تهران نسبت به سایر شهرها بالا بود. مقدار MOE کمتر از ۱۰۰۰۰ محاسبه شد. نتایج MOE^۱ (قرار گرفتن در معرض سموم) نشان می‌دهد که احتمال ابتلا به سرطان وجود دارد و این محصولات ممکن است ایمن نباشند. بنابراین، سطح AFB1 باید به‌طور منظم در محصولات بادام‌زمینی در شهرهای بزرگ اندازه‌گیری شود (۱۵). پژوهش متاآنالیزی در مقیاس جهانی (۲۰۲۲) توسط فخری و همکاران انجام شد که گزارش دادند مصرف‌کنندگان بزرگسال بادام‌زمینی و غلات و روغن‌های با پایه غلات، در ایتالی، سودان و ایالات‌متحده آمریکا و برای کودکان در ایالات‌متحده در معرض خطر سلامت قابل توجهی قرار دارد (۱۶). امروزه از روش‌های مرسوم مختلفی برای به دست آوردن داده‌های مرجع استفاده می‌شود که شامل کروماتوگرافی لایه نازک (TLC)، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)، طیف‌سنجی جرمی کروماتوگرافی مایع (LC-MS) و سنجش ایمنوسوربنت متصل به آنزیم (ELISA) هستند (۱۷). با توجه به ویژگی‌های یادشده و شرایط جغرافیایی حاکم بر ایران، پایش آلودگی به آفاتوکسین B1 در بادام‌زمینی، گره بادام‌زمینی و روغن بادام‌زمینی ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین در همین راستا هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان آفاتوکسین B1 در بادام‌زمینی، روغن بادام‌زمینی و گره بادام‌زمینی عرضه شده در شهرستان کرج به روش الایزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

¹ Margin of Exposure

دارند و در نهایتاً با اضافه نمودن ۱۰۰ μL محلول متوقف کننده، در این مرحله رنگ آبی به زرد تبدیل شد. میزان جذب نمونه‌ها با قرائت کننده مخصوص الایزا در طول موج ۴۵۰ nm قرائت شد. با تقسیم میزان جذب نمونه‌ها و استاندارد‌ها در میزان جذب استاندارد صفر، ضرب در ۱۰۰، درصد جذب به دست آمد (۱۸، ۱۹).

آنالیزهای آماری

نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ برای محاسبات و ارزیابی داده‌ها از آزمون‌های آماری Independent sample t.test و ANOVA و تست Duncan برای مقایسه میانگین‌ها و از آزمون کای دو (Chi-Square) برای مقایسه درصد فراوانی‌ها انجام شد و از نرم افزار اکسل برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد تمامی نمونه‌های کره بادام زمینی، دانه بادام زمینی و روغن بادام زمینی نمونه‌گیری شده در شهرستان کرج به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند اما هیچ کدام از آلودگی‌ها فراتر از استاندارد ملی ایران، مندرج در وبسایت اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۸ میکروگرم بر کیلوگرم) به شماره ۵۹۲۵ نبود. به این ترتیب از ۶۰ نمونه ۵ نمونه (۸/۳۳ درصد) کمتر از ۱ میکروگرم بر کیلوگرم، ۶ نمونه (۱۰ درصد) در محدوده ۱ تا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، ۳۲ نمونه (۳۳/۳۳ درصد) در محدوده ۲ تا ۴ میکروگرم بر کیلوگرم و ۱۷ نمونه (۲۸/۳۳ درصد) در محدوده ۴ تا پنج میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین B1 آلوده بودند. نتایج نشان داد هیچ کدام از نمونه‌ها فراتر از ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به آفلاتوکسین آلوده نبودند. (جدول و شکل ۱)

نمونه‌گیری: در این مطالعه تعداد ۶۰ نمونه شامل ۲۰ نمونه کره بادام زمینی، ۲۰ نمونه روغن بادام زمینی و ۲۰ نمونه دانه‌ی بادام زمینی به صورت تصادفی از مراکز عرضه این محصول در شهرستان کرج نمونه‌گیری و به آزمایشگاه انتقال داده شد.

آماده‌سازی نمونه: مقدار ۵۰ گرم از هر نمونه (دانه بادام زمینی و کره بادام زمینی) همگن شد تا یک ترکیب یکنواخت به وجود آید. ۱۰ سی‌سی روغن بادام زمینی نیز آماده‌سازی شد. سپس ۱۰g (۱۰ سی‌سی) از آن ترکیب به دست آمده برداشت و با ۵۰ میلی‌لیتر متانول ۳۳ درصد مخلوط شد. ترکیب حاصل به مدت ۲ دقیقه با حرکت دورانی تکان داده شد. پس از ۱۵ دقیقه مخلوط حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف و در پایان به نسبت ۱:۱۰ با متانول رقیق شد (۱۸).

ردیابی آفلاتوکسین B1 به روش الایزا: مطابق دستورالعمل شرکت سازنده کیت Euro Proxima، میزان آفلاتوکسین در نمونه اندازه‌گیری شد؛ به ترتیب ۵۰ میکرولیتر از محلول‌های B1 و نمونه‌های آماده سازی شده به چاهک استاندارد آفلاتوکسین میکروپلیت اضافه شدند (جهت افزایش دقت کار برای هر نمونه دو چاهک 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 (°C) ۲۵-۲۰ نگهداری شدند. سپس مایع موجود در حفرات میکروپلیت تخلیه شده و همه حفرات با بافر مخصوص شستشو (عمل شستشو دوبار تکرار شدند). 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 نمونه‌ها ایجاد شد. غلظت رنگ با غلظت آفلاتوکسین در نمونه‌ها و استانداردها نسبت عکس

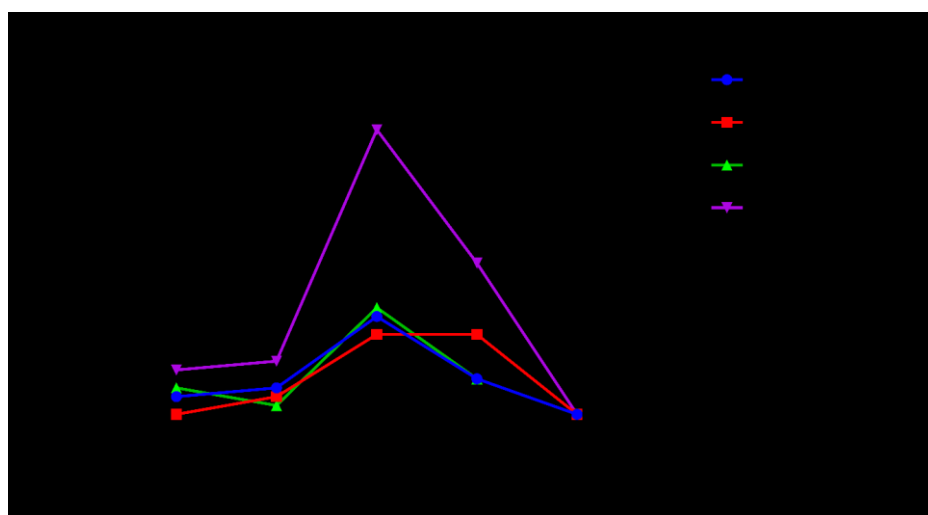
جدول ۱- توزیع فراوانی مطلق و نسبی شیوع آلودگی به آفلاتوکسین B1 ($\mu\text{g/kg}$) در دانه، روغن و کره بادام زمینی عرضه شده در شهرستان کرج

Table 1- Absolute and relative frequency distribution of aflatoxin B1 contamination prevalence ($\mu\text{g/kg}$) in peanut seeds, oil, and butter supplied in Karaj city

نوع ماده غذایی Type of food	تعداد نمونه Number of samples	موارد آلوده Contamination	محدوده آلودگی ($\mu\text{g/kg}$) Contamination range ($\mu\text{g/kg}$)				
			>5	4 5	2 4	1 2	<1
کره بادام زمینی Peanut butter	20	20	•	4	11	3	2
روغن بادام زمینی Peanut oil	20	20	•	20	55	15	10
بادام زمینی Peanut	20	20	•	9	9	2	0
جمع کل total	60	60	•	45	45	10	0
			•	4	12	1	3
			•	20	60	5	15
			•	17	32	6	5
			•	28.33 ^b	53.33 ^a	10 ^c	8.33 ^a

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 $p < 0.01$.



شکل ۱- توزیع فراوانی مطلق و نسبی شیوع آلودگی به آفلاتوکسین B1 ($\mu\text{g/kg}$) در دانه، روغن و کره بادام زمینی عرضه شده در شهرستان کرج

Figure 1- Absolute and relative frequency distribution of aflatoxin B1 contamination prevalence ($\mu\text{g/kg}$) in peanut seeds, oil, and butter supplied in Karaj city

زمینی با $2/94$ میکروگرم بر کیلوگرم بود. بر اساس جدول ۲، و آزمون آماری Independent sample t.test تفاوت معنی داری $p < 0.01$ بین نمونه‌های دانه بادام زمینی و کره بادام زمینی با استاندارد ایران وجود نداشت. اما بین روغن بادام زمینی و استاندارد ایران با احتمال ۹۹ درصد، ارتباط معنی داری وجود داشت.

نتایج به دست آمده نشان داد بین انواع روغن، کره و دانه بادام زمینی نمونه‌گیری شده در شهرستان کرج، بیشترین و کمترین غلظت آفلاتوکسین B1 به ترتیب مربوط به روغن بادام زمینی با $3/4$ میکروگرم بر کیلوگرم، کره بادام زمینی $2/97$ میکروگرم بر کیلوگرم و کمترین میزان آلودگی به آفلاتوکسین مربوط به بادام

جدول ۲- مقایسه آلودگی به آفلاتوکسین B1 ($\mu\text{g/kg}$) در دانه، روغن و کره بادام زمینی عرضه شده در شهرستان کرج با استاندارد ایران

Table 2- Comparison of aflatoxin B1 contamination ($\mu\text{g/kg}$) in peanut seeds, oil, and butter supplied in Karaj city with Iranian standards

نوع ماده غذایی Type of food	میانگین آلودگی Average Contamination	استاندارد ایران Standard of Iran	سطح معنی داری SD
بادام زمینی Peanut	2.94±0.5	8 ($\mu\text{g/kg}$)	0.108 ^{ns}
کره بادام زمینی Butter Peanut	2.97±0.13	8 ($\mu\text{g/kg}$)	0.101 ^{ns}
روغن بادام زمینی Oil Peanut	3.4±0.1	8 ($\mu\text{g/kg}$)	0.001 ^{**}

اعداد عبارتند از میانگین $\pm$ انحراف معیار ns: تفاوت مقدار آفلاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران مختلف معنی دار نیست ***: تفاوت مقدار آفلاتوکسین نمونه‌ها با استاندارد ایران با احتمال ۹۹ درصد معنی دار است ($p<0/05$).

Numbers are mean $\pm$ 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% ($p<0.05$).

Dong و همکاران (۲۰۲۳) با هدف بررسی وضعیت آلودگی آفلاتوکسین B1 در بادام زمینی، کره بادام زمینی و روغن بادام زمینی گزارش دادند که از مجموع ۲۴۶ نمونه، ۷/۷۲ درصد فراتر از استاندارد کدکس (۵) میکروگرم بر کیلوگرم بود (۲۱). Ağagündüz و همکاران (۲۰۲۳) در ترکیه، به بررسی رخداد آفلاتوکسین B1 در کره‌های بادام زمینی پرداختند، و گزارش دادند ۳۸/۳ درصد از نمونه‌ها زیر استاندارد و ۶۱/۷ درصد فراتر از استاندارد بودند (۲۲). Osaily و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی هم‌راستا با مطالعه حاضر، میانگین مقادیر آفلاتوکسین B1 برای نمونه‌های بادام زمینی ۲۹/۳ میکروگرم بر کیلوگرم (۲۳). میزان آلودگی به آفلاتوکسین B1 در مطالعات یادشده، فراتر از نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر است.

Masaka و همکاران (۲۰۲۲) با هدف تعیین میزان شیوع آفلاتوکسین در بادام زمینی خام و کره بادام زمینی سنتی در کشور زیمبابوه گزارش دادند که آفلاتوکسین B1 در بادام زمینی خام (محدوده ۱/۲ میکروگرم بر کیلوگرم تا ۹۰/۸ میکروگرم بر کیلوگرم) و کره بادام زمینی (محدوده ۴/۷ تا ۳۸۲/۹ میکروگرم

در میان آجیل، بادام زمینی به دلیل زمین‌های کشت گسترده و قیمت پایین نسبت به سایر آجیل‌های ایران، از محبوبیت بیشتری نسبت به سایر اقلام برخوردار است و بیشترین آلودگی AFB1 در بادام زمینی و ذرت گزارش شده است؛ ایران مقادیر قابل توجهی بادام زمینی در حدود ۱۴۰۰۰۰ تن تولید می‌کند که در برخی موارد به خوبی نگهداری نمی‌شود و منجر به آلودگی به سموم می‌شود (۱۵)، حد مجاز آفلاتوکسین B1 در آجیل‌های خوراکی، روغن و کره‌های استحصال شده از آن‌ها در کشورهای مختلف، متفاوت است. به این ترتیب برای دانه، روغن و کره بادام زمینی در ایران حداکثر ۸ میکروگرم بر کیلوگرم، استاندارد کدکس ۱۵ میکروگرم بر کیلوگرم، استاندارد اتحادیه اروپا ۲ میکروگرم بر کیلوگرم، غذا و داروی ایالات متحده (FDA) ۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم می‌باشد (۲۰). در همین راستا، این مطالعه روی آفلاتوکسین B1 از روغن، کره و دانه بادام زمینی عرضه شده در شهرستان کرج تمرکز داشت که نتایج نشان داد آلودگی هیچ کدام از نمونه‌ها، فراتر از استاندارد ایران، FDA، کدکس و اتحادیه اروپا نبودند.

(میانگین $28/93$ میکروگرم بر کیلوگرم) آلوده به آفلاتوکسین بودند که در آن ۹۰ درصد از حد مجاز بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط اتحادیه اروپا، FAO/WHO و ES (استانداردهای اتیوپی) بود (۲۷). باخرد و فیضی (۲۰۱۸) در پژوهشی در سال ۲۰۱۸ روی شیوع آلودگی به آفلاتوکسین B1 در بادام‌زمینی‌های عرضه‌شده در شهرستان مشهد گزارش دادند که میانگین سطح آفلاتوکسین‌های B1 $57/17$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۲۸). که با نتایج پژوهش حاضر مطابقتی ندارد.

Xu و همکاران (۲۰۱۸) در چین پژوهشی با هدف تعیین آلودگی به آفلاتوکسین B1 در روغن بادام‌زمینی گزارش دادند که میانگین آلودگی به آفلاتوکسین B1 برابر با $1/2$ میکروگرم بر کیلوگرم بود (۲۹)، که پائین‌تر از نتایج مطالعه حاضر بود. در این پژوهش میانگین آلودگی به آفلاتوکسین B1 در روغن بادام‌زمینی، $3/4$ میکروگرم بر کیلوگرم بود.

نتیجه‌گیری

متأسفانه آلودگی و تقلب مواد غذایی یک مشکل جهانی روزافزون است و چالش‌های عمده‌ای وجود دارد که تأثیر مستقیمی بر سلامت انسان خواهد داشت. فقدان کنترل کیفیت و اقدامات حفاظتی در سراسر زنجیره تولید کره و روغن بادام‌زمینی ممکن است از عوامل موثر در ایجاد این آلودگی باشد. این نشان می‌دهد که باید مراقبت کافی در سراسر زنجیره تولید کره و روغن بادام‌زمینی انجام شود تا محصولات بادام‌زمینی ایمن برای مصرف انسان تولید شوند. خطرات می‌تواند ناشی از شیوه‌های کشاورزی ضعیف، عدم رعایت بهداشت در طول زنجیره تامین مواد غذایی، کنترل غیر استاندارد در پردازش مواد غذایی و آلودگی عمدی یا تصادفی باشد. بنابراین، تصمیمات اتخاذ شده در زمینه ایمنی مواد غذایی باید از سلامت عمومی

بر کیلوگرم) بود. ۴۰ درصد از نمونه‌های بادام‌زمینی خام و ۹۵ درصد از نمونه‌های کره بادام‌زمینی از حداکثر محدودیت‌های AFB1 که توسط قانون زیمبابوه (۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم) تعیین شده بود، فراتر رفتند. (۲۴). در مطالعه حاضر، محدوده‌ی آلودگی دانه‌ی بادام‌زمینی $0/6$ تا $4/6$ میکروگرم بر کیلوگرم و برای کره‌ی بادام‌زمینی در محدوده $0/7$ تا $4/8$ میکروگرم بر کیلوگرم بود. بنابراین با یافته‌های پژوهش فوق مطابقتی ندارد. پژوهش Fang و همکاران (۲۰۲۲) با هدف ارزیابی آفلاتوکسین B1 در نمونه‌های روغن بادام‌زمینی گزارش دادند که آلودگی به آفلاتوکسین B1 روغن بادام‌زمینی با دامنه‌ای از $0/17$ تا $25/50$ میکروگرم در کیلوگرم بالاترین میزان بروز آفلاتوکسین را داشت (۲۵). در پژوهش حاضر، میانگین آلودگی روغن بادام‌زمینی به آفلاتوکسین B1، $3/4$ میکروگرم بر کیلوگرم و محدوده‌ی آلودگی $1/5$ تا $4/9$ میکروگرم بر کیلوگرم بود.

Jallow و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی بر روی آلودگی به آفلاتوکسین در کره بادام‌زمینی عرضه شده در گامبیا گزارش دادند که از مجموع، ۸۵ نمونه کره بادام‌زمینی، در ۸ نمونه ($9/4$ درصد) از نمونه‌ها شناسایی شد و تنها یک نمونه ($1/20$ درصد) از استاندارد Codex Alimentarius و برنامه FAO/WHO فراتر رفت. به همین ترتیب، تنها ۵ نمونه از ۸۵ نمونه که $5/90$ درصد از استاندارد اتحادیه اروپا در بادام‌زمینی فراتر رفتند (۲۶)، که متفاوت‌تر از نتایج پژوهش حاضر است. در این مطالعه، میزان آلودگی نمونه‌ها از استاندارد ایران، اتحادیه اروپا و آمریکا فراتر نبود. Demeke (۲۰۲۱) با هدف ارزیابی آلودگی آفلاتوکسین کره بادام‌زمینی در سودان پژوهشی انجام داد. نتایج نشان داد از مجموع ۲۰ نمونه بادام‌زمینی، درصد نمونه‌های مثبت برای آفلاتوکسین B1، ۱۰۰ درصد با محدوده آلودگی $45/02-12/83$ میکروگرم بر کیلوگرم

محافظت کند. اگر چه آفلاتوکسین در بادام زمینی و محصولات استحصال شده عمدتاً به قبل از برداشت محدود می‌شود، اما آلودگی پس از برداشت نیز می‌تواند در صورت وجود آلودگی به آسپرژیلوس‌ها و عدم حفظ شرایط نگهداری مناسب رخ دهد. آفلاتوکسین‌ها نه تنها تهدیدات جدی و ناتوان کننده‌ای برای سلامتی انسان‌ها و حیوانات به همراه دارند، بلکه نگرانی‌های اقتصادی قابل توجهی را نیز ایجاد می‌کنند که همواره بر تجارت و بازاریابی کالاهای غذایی و خوراک تأثیر می‌گذارد. قرار گرفتن در معرض مایکوتوکسین‌ها در غذا تا حد زیادی اجتناب ناپذیر است و نگرانی‌ها در مورد اثرات سلامتی آنها در حال افزایش است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف روغن، کره و دانه‌ی بادام زمینی عرضه شده در شهرستان کرج نمی‌تواند مخاطرات نگران کننده‌ای برای سلامت مصرف کننده ایجاد کند.

منابع

1. Miri YB, Benabdallah A, Taoudiat A, Mahdid M, Djenane D, Tacer-Caba Z, et al. (2023). Potential of essential oils for protection of Couscous against *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 contamination. *Food Control*, 145(6):109-117.
2. Belasli A, Ben Miri Y, Aboudaou M, Aït Ouahioune L, Montañes L, Ariño A, et al. (2020). Antifungal, antitoxigenic, and antioxidant activities of the essential oil from laurel (*Laurus nobilis* L.): Potential use as wheat preservative. *Food science & nutrition*, 8(9):4717-4729.
3. Adebo OA, Molelekoa T, Makhuele R, Adebisi JA, Oyediji AB, Gbashi S, et al. (2021). A review on novel non-thermal food processing techniques for mycotoxin reduction. *International journal of food science & technology*, 56(1):13-27.
4. Gavahian M, Sheu SC, Magnani M, Mousavi Khaneghah A. (2022). Emerging technologies for mycotoxins removal from foods: Recent advances, roles in sustainable food consumption, and strategies for industrial applications. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(10): 159-172.
5. Hamad G, El-Makarem H, Elaziz AA, Amer A, El-Nogoumy B, Abou-Alella S. (2022). Adsorption efficiency of sodium & calcium bentonite for ochratoxin A in some Egyptian cheeses: An innovative fortification model, in vitro and in vivo experiments. *World Mycotoxin Journal*, 15(2): 285-300.
6. Liu R, Lu M, Wang R, Wang S, Chang M, Jin Q, et al. (2018). Degradation of aflatoxin B1 in peanut meal by electron beam irradiation. *International journal of food properties*, 21(1):892-901.
7. Yang B, Zhang C, Zhang X, Wang G, Li L, Geng H, et al. (2020). Survey of aflatoxin B1 and heavy metal contamination in peanut and peanut soil in China during 2017–2018. *Food Control*, 118(14):1073-1090.
8. Bangar SP, Sharma N, Kumar M, Ozogul F, Purewal SS, Trif M. (2021). Recent developments in applications of lactic acid bacteria against mycotoxin production and fungal contamination. *Food Bioscience*, 44(4):101-124.
9. Wu Q, Xie L, Xu H. (2018). Determination of toxigenic fungi and aflatoxins in nuts and dried fruits using imaging and spectroscopic techniques. *Food chemistry*, 252(9):228-242.
10. Mannani N, El Boujamaai M, Sifou A, Bennani M, El Adlouni C, Zinedine A. (2023). Aflatoxins and Ochratoxin A in dried fruits from Morocco: Monitoring, regulatory aspects, and exposure assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 25(7): 714-730.
11. Yao W, Liu R, Zhang F, Li S, Huang X, Guo H, et al. (2022). Detecting Aflatoxin B1 in Peanuts by Fourier Transform Near-Infrared Transmission and Diffuse Reflection Spectroscopy. *Molecules*, 27(19):62-79.
12. Qin M, Liang J, Yang D, Yang X, Cao P, Wang X, et al. (2021). Spatial analysis of dietary exposure of aflatoxins in peanuts and peanut oil in different areas of China. *Food Research International*, 140(13):109-118.

13. Moharana A, Lenka B, Singh AP, Kumar NK, Nagaraju B, Das SR. (2020). Peanut as a food source: A review. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 9(6):225-232.
14. Meneely JP, Kolawole O, Haughey SA, Miller SJ, Krska R, Elliott CT. (2023). The challenge of global aflatoxins legislation with a focus on peanuts and peanut products: a systematic review. *Exposure and Health*, 15(2): 467-487.
15. Sadighara P, Ghanati K. (2022). The aflatoxin B1 content of peanut-based foods in Iran: a systematic review. *Reviews on Environmental Health*, 37(1):29-33.
16. Fakhri Y, Omar SS, Mehri F, Hoseinvandtabar S, Mahmudiono T. (2023). Global systematic review and meta-analysis on prevalence and concentration of aflatoxins in peanuts oil and probabilistic risk assessment. *Reviews on Environmental Health*, 38(4):697-712.
17. Mao J, He B, Zhang L, Li P, Zhang Q, Ding X, et al. (2016). A structure identification and toxicity assessment of the degradation products of aflatoxin B1 in peanut oil under UV irradiation. *Toxins*, 8(11):332-335.
18. Mohammadi S, Ghahremani E, Dehestaniathar S, Zandi S, Zakariaei A, Mohammadi M, et al. (2021). 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*, 25(6):49-56.
19. Salemi A, Faghani M. salami N. (2014). Determination of aflatoxin B1 in broiler feed in the poultry farms of isfahan province. *Jornal of Veterinary sciences*, 5(2):117-123.
20. Petersen A. (2018). Expert Advice on Appropriate Criteria and Limits for Contaminants in Ready to Use Therapeutic Foods. World Food Programme and United Nations Children's Fund: New York, NY, USA.
21. Dong W-y, Chen C, Zhao X-l, Yang Y-h, Zhao J-s, Xiao P-r, et al. (2023). Contamination status and dietary exposure assessment of aflatoxin B1 in peanut and its products sold in Shandong Province, 12(1):14-25.
22. Ağagündüz D, Şahin TÖ ,Yaşar AN, Gökyer B, Batuk MH. (2023). Determination of Aflatoxin B1 Contents in Peanut Protein Snack Bars. *Journal of Food Biochemistry*, 23(1):74-84.
23. Osaili TM, Odeh WAB, Al Ayoubi M, Al Ali AA, Al Sallagi MS, Obaid RS, et al. (2023). Occurrence of aflatoxins in nuts and peanut butter imported to UAE. *Heliyon*, 9(3):78-89.
24. Masaka V, Ndlovu N, Tshalibe R, Mhande T, Jombo T. (2020). Prevalence of aflatoxin contamination in peanuts and peanut butter from an informal market, harare, Zimbabwe. *International Journal of Food Science*, 2022(1):376-390.
25. Fang L, Zhao B, Zhang R, Wu P, Zhao D, Chen J, et al. (2022). Occurrence and exposure assessment of aflatoxins in Zhejiang province, China. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 92(17):103-118.
26. Jallow EA, Jarju OM, Oyelakin O, Jallow DB, Mendy B. (2021). Evaluation of aflatoxin B1 contamination of peanut butter in The Gambia. *African Journal of Food Science*, 15(12):360-366.
27. Aazar D. (2021). Assessing the Levels of Aflatoxins Contamination in Peanut Butter Products Using High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Method, in Addis Ababa City.
28. Bakherad Z, Feizy J. (2018). Preliminary Survey of Aflatoxins in Mashhad's Roasted Red Skin Peanut Kernels during February to May 2016. *Journal of Community Health Research*, 7(2):112-118.
29. Xu J-J, Chen Q, Cai Z-X, Ren Y-P, Zhao Y-F, Cheng J, et al. (2018). A feasibility study of producing a peanut oil matrix candidate reference material and its application to support monitoring of aflatoxins statues for public health purposes. *Food chemistry*, 268(25):395-401.