JNT FACIT BUSINESS AND TECHNOLOGY JOURNAL
ISSN: 2526-4281 - ANO 2026 - MÊS DE OUTUBRO
Ed. 78. Vol. 1 - Págs. 499-522
DOI: 10.5281/zenodo.23221093



CAPES

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

QUALIS A2



OCORRÊNCIA DE AFLATOXINA B1 EM TEMPEROS E ESPECIARIAS DESTINADOS AO CONSUMO HUMANO E FATORES PÓS-COLHEITA ASSOCIADOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA[1]

OCCURRENCE OF AFLATOXIN B1 IN SPICES AND SEASONINGS FOR HUMAN CONSUMPTION: A SYSTEMATIC REVIEW OF ASSOCIATED POSTHARVEST FACTORS

Yan Franca MIRANDA
Afya Centro Universitário (UNITPAC)
E-mail: yanmiranda@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0009-0001-9694-7770

Sávio Lima SALAZAR
Afya Centro Universitário (UNITPAC)
E-mail: saviozalazar75@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0009-0003-0241-1129

José ANDRÉ JÚNIOR
Afya Centro Universitário (UNITPAC)
E-mail: jose.andre@afya.com.br
ORCID: http://orcid.org/0009-0008-1119-7685

RESUMO

A aflatoxina B1 (AFB1) constitui uma micotoxina de relevância para a segurança dos alimentos, podendo ocorrer em temperos e especiarias em decorrência de condições favoráveis à contaminação fúngica ao longo da cadeia produtiva. Este estudo teve como objetivo analisar sistematicamente a ocorrência de AFB1 em temperos e especiarias destinados ao consumo humano e os fatores pós-colheita associados à sua presença e aos níveis de contaminação. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura, orientada pelas recomendações do PRISMA 2020, com pergunta de pesquisa estruturada segundo a estratégia PEO (Population, Exposure and Outcome). Foram considerados estudos originais que apresentaram dados de ocorrência ou quantificação de AFB1 em temperos e especiarias destinados ao consumo humano, incluindo informações sobre condições pós-colheita quando disponíveis. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade e a auditoria dos dados extraídos, 36 estudos compuseram o conjunto analítico. Os produtos derivados de Capsicum, especialmente chilli, pimenta-vermelha e páprica, constituíram as matrizes mais frequentemente

[1] COMO CITAR: (ABNT): MIRANDA, Y. F.; SALAZAR, S. L.; ANDRÉ JÚNIOR, J. Ocorrência de Aflatoxina B1 em Temperos e Especiarias Destinados ao Consumo Humano e Fatores Pós-Colheita Associados: Uma Revisão Sistemática. **JNT Facit Business and Technology Journal.** Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Outubro de 2026 - Ed. 78. VOL. 01. Págs. 499-522. 0Disponível: http://revistas.faculdadefacit.edu.br. Acesso em: ___/___/___.

investigadas, seguidos por pimentas preta e branca, cominho, gengibre, canela e cúrcuma. Entre os estudos que apresentaram frequência de detecção individualizada e utilizável para AFB1, os valores variaram aproximadamente de 2% a 100%, enquanto as concentrações máximas reportadas variaram de 3,865 a 969 µg/kg, evidenciando ampla heterogeneidade entre matrizes, países e condições de comercialização. Os principais fatores pós-colheita relacionados à contaminação envolveram condições de secagem e processamento, contato do produto com o solo, armazenamento, umidade e atividade de água, além das formas de acondicionamento e comercialização. Em alguns estudos, essas relações foram predominantemente descritivas, enquanto outros apresentaram associações estatísticas ou avaliações experimentais. Conclui-se que a ocorrência de AFB1 em temperos e especiarias apresenta elevada variabilidade e que o controle das condições pós-colheita constitui componente relevante para reduzir o risco de contaminação, destacando-se a necessidade de boas práticas de secagem, armazenamento, processamento e acondicionamento ao longo da cadeia produtiva.

Palavras-chave: Aflatoxina B1. Micotoxinas. Especiarias. Pós-colheita. Segurança dos alimentos.

ABSTRACT

Aflatoxin B1 (AFB1) is a mycotoxin of major relevance to food safety and may occur in spices and seasonings as a result of conditions that favor fungal contamination throughout the production chain. This study aimed to systematically analyze the occurrence of AFB1 in spices and seasonings intended for human consumption and the postharvest factors associated with its presence and contamination levels. A systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 recommendations, with the research question structured according to the PEO (Population, Exposure, and Outcome) framework. Original studies reporting data on the occurrence or quantification of AFB1 in spices and seasonings intended for human consumption were considered, including information on postharvest conditions whenever available. After applying the eligibility criteria and auditing the extracted data, 36 studies comprised the analytical dataset. Capsicum-derived products, particularly chili, red pepper, and paprika, were the most frequently investigated matrices, followed by black and white pepper, cumin, ginger, cinnamon, and turmeric. Among studies reporting individualized and usable AFB1 detection frequencies, values ranged from approximately 2% to 100%, whereas the maximum reported

concentrations ranged from 3.865 to 969 µg/kg, demonstrating substantial heterogeneity across matrices, countries, and marketing conditions. The main postharvest factors related to contamination involved drying and processing conditions, product contact with soil, storage, moisture and water activity, as well as packaging and marketing practices. In some studies, these relationships were predominantly descriptive, whereas others reported statistical associations or experimental assessments. It is concluded that the occurrence of AFB1 in spices and seasonings is highly variable and that controlling postharvest conditions is an important component in reducing contamination risk, highlighting the need for good drying, storage, processing, and packaging practices throughout the production chain.

Keywords: Aflatoxin B1. Mycotoxins. Spices. Postharvest. Food safety.

INTRODUÇÃO

Temperos e especiarias constituem produtos de origem vegetal amplamente empregados na alimentação, sendo obtidos de diferentes partes das plantas, como frutos, sementes, raízes, rizomas, cascas, folhas e estruturas florais. Após a colheita, esses produtos podem ser submetidos a operações como seleção, secagem, moagem, armazenamento, transporte e acondicionamento antes de sua comercialização. Embora várias especiarias sejam caracterizadas como alimentos de baixa umidade, falhas nessas etapas podem favorecer a contaminação por fungos e, em condições adequadas, a produção de micotoxinas. A relevância desse problema é reconhecida internacionalmente, tendo o Codex Alimentarius estabelecido um código específico de práticas para prevenção e redução da contaminação por micotoxinas em especiarias (Codex Alimentarius Commission, 2017).

Entre as micotoxinas de importância em alimentos, destacam-se as aflatoxinas, metabólitos secundários produzidos principalmente por fungos aflatoxigênicos pertencentes ao gênero Aspergillus. A aflatoxina B1 (AFB1) apresenta particular importância devido à sua toxicidade e à possibilidade de ocorrência em diferentes produtos agrícolas. Sua presença nos alimentos está relacionada à interação entre a matéria-prima, a ocorrência de fungos toxigênicos e condições ambientais e de manejo capazes de favorecer o crescimento fúngico e a produção da toxina.

A contaminação por AFB1 pode ocorrer em diferentes momentos da cadeia produtiva, tornando o manejo pós-colheita particularmente relevante para a qualidade e a segurança dos produtos agrícolas. Nas especiarias, etapas como secagem e armazenamento demandam atenção, uma vez que a permanência do

produto em condições inadequadas de umidade e temperatura pode favorecer o desenvolvimento de fungos. O Codex Alimentarius recomenda que níveis seguros de umidade sejam alcançados tão rapidamente quanto possível durante a secagem e que o período dessa operação seja reduzido por meio de condições adequadas, com o objetivo de limitar o crescimento de fungos e a produção de micotoxinas (Codex Alimentarius Commission, 2017).

Além da secagem, outras características da cadeia pós-colheita podem interferir na conservação das especiarias. O acondicionamento, a exposição à umidade ambiental, as condições de armazenamento, a moagem, o transporte e a forma de comercialização podem modificar as condições às quais o produto permanece exposto. Dessa forma, a ocorrência de AFB1 não deve ser compreendida exclusivamente como consequência da presença de fungos na matéria-prima, mas como resultado potencial da interação entre fatores biológicos, ambientais e tecnológicos ao longo da cadeia produtiva.

No Brasil, Garcia *et al*. (2018) avaliaram fungos potencialmente toxigênicos e micotoxinas em diferentes especiarias comercializadas no país. Os autores destacaram que esses produtos podem permanecer próximos ao solo durante a secagem e que a transferência de umidade do ambiente tropical pode favorecer a multiplicação fúngica e a síntese de micotoxinas. No estudo, fungos potencialmente aflatoxigênicos foram identificados em diferentes matrizes, enquanto a AFB1 foi detectada em amostras de alecrim e funcho. Também foi observada associação entre a presença de Aspergillus flavus e a contaminação por AFB1 no alecrim (Garcia *et al*., 2018).

A diversidade de espécies vegetais utilizadas como temperos e especiarias, associada às diferenças nas práticas de produção, processamento e comercialização entre países e regiões, contribui para uma considerável variabilidade nas condições de exposição à contaminação. Essa heterogeneidade dificulta a interpretação isolada dos estudos disponíveis e evidencia a importância de reunir sistematicamente os resultados produzidos em diferentes matrizes e contextos produtivos. Além de identificar em quais produtos a AFB1 tem sido detectada, torna-se relevante compreender quais condições pós-colheita são descritas em associação com sua ocorrência e seus níveis de contaminação.

Nesse contexto, formula-se a seguinte pergunta de pesquisa: qual é a ocorrência de aflatoxina B1 em temperos e especiarias destinados ao consumo humano e quais fatores pós-colheita estão associados à sua presença e aos níveis de contaminação? Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar

sistematicamente a ocorrência de aflatoxina B1 (AFB1) em temperos e especiarias destinados ao consumo humano e os fatores pós-colheita associados à sua presença e aos níveis de contaminação.

METODOLOGIA

Tipo e Desenho do Estudo

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura, desenvolvida com o objetivo de identificar e sintetizar evidências científicas referentes à ocorrência de aflatoxina B1 (AFB1) em temperos e especiarias destinados ao consumo humano, bem como aos fatores pós-colheita relacionados à presença e aos níveis dessa micotoxina. O planejamento, a seleção dos estudos e a apresentação dos resultados foram estruturados considerando as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) (Page *et al*., 2021).

Estruturação da Pergunta de Pesquisa

A pergunta da revisão foi estruturada segundo a estratégia PEO (Population, Exposure and Outcome), considerada adequada à natureza predominantemente observacional dos estudos investigados. A população/problema (P) correspondeu aos temperos e especiarias destinados ao consumo humano; a exposição (E) compreendeu fatores e condições pós-colheita, incluindo secagem, armazenamento, umidade, atividade de água, temperatura, beneficiamento, processamento, moagem e acondicionamento; e o desfecho (O) correspondeu à ocorrência, frequência de detecção e níveis de AFB1.

A partir dessa estrutura, estabeleceu-se a seguinte pergunta de pesquisa: qual é a ocorrência de aflatoxina B1 em temperos e especiarias destinados ao consumo humano e quais fatores pós-colheita estão associados à sua presença e aos níveis de contaminação?A estruturação dos componentes da pergunta de pesquisa segundo a estratégia PEO está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Estruturação da pergunta de pesquisa segundo a estratégia PEO.

Componente	Definição na revisão	Elementos considerados
P – População/Problema	Temperos e especiarias destinados ao consumo humano	Especiarias, temperos, condimentos e ervas aromáticas, nas diferentes formas de apresentação.
E – Exposição	Fatores e condições pós-colheita	Secagem, armazenamento, umidade, atividade de água, temperatura, beneficiamento, processamento, moagem, acondicionamento e condições de comercialização.
O – Outcome (Desfecho)	Ocorrência de aflatoxina B1 (AFB1)	Presença/detecção, frequência de amostras positivas e níveis/concentrações de AFB1.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Critérios de Elegibilidade

Foram considerados elegíveis estudos originais que investigaram a ocorrência, detecção ou quantificação de AFB1 em temperos, especiarias ou produtos constituídos predominantemente por essas matrizes e destinados ao consumo humano. Para inclusão, os estudos deveriam apresentar dados primários individualizados referentes à AFB1, como número ou proporção de amostras positivas, frequência de detecção, concentração média ou mediana, intervalo de concentração, valor máximo ou outra medida quantitativa passível de extração.

Também foram admitidos produtos frescos, secos, desidratados, moídos, em pó, processados, embalados ou comercializados a granel. Informações referentes às condições pós-colheita, como secagem, teor de umidade, atividade de água, temperatura, armazenamento, tempo de armazenamento, processamento, moagem, embalagem e condições de comercialização, foram extraídas quando disponíveis, mas sua apresentação não constituiu requisito obrigatório para inclusão.

Ainda foram considerados estudos observacionais, levantamentos de monitoramento ou vigilância, estudos analíticos de ocorrência e estudos experimentais relacionados às condições pós-colheita, desde que apresentassem resultados pertinentes à pergunta da revisão. Foram considerados artigos científicos publicados em português, inglês ou espanhol, com texto ou informações metodológicas suficientes para avaliação da elegibilidade.

Foram excluídas revisões narrativas, integrativas ou sistemáticas, meta-análises, editoriais, cartas, capítulos de livros, resumos de eventos e publicações sem dados primários. Também foram excluídos estudos que investigaram outras micotoxinas sem apresentação individualizada da AFB1; trabalhos que apresentaram

exclusivamente aflatoxinas totais sem possibilidade de separação da AFB1; estudos exclusivamente relacionados à alimentação animal; pesquisas microbiológicas que identificaram somente espécies de Aspergillus sem determinação de AFB1 na matriz alimentar; e trabalhos destinados exclusivamente à validação de métodos analíticos sem dados de ocorrência natural da micotoxina. Publicações duplicadas foram consideradas uma única vez, priorizando-se a versão com informações mais completas.

Fontes de Informação e Estratégia de Busca

As buscas bibliográficas foram estruturadas para utilização das bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e SciELO. O ScienceDirect foi utilizado complementarmente para localização e conferência de artigos e textos integrais.

Foram combinados descritores controlados e termos livres relacionados à aflatoxina B1 e às matrizes de interesse. A estratégia principal contemplou termos como “Aflatoxin B1”, “AFB1”, “aflatoxin*”, “spice*”, “seasoning*”, “condiment*”, “herb*”, “paprika”, “chili”, “chilli”, “black pepper”, “red pepper”, “turmeric”, “curcuma”, “ginger”, “cumin”, “coriander”, “cinnamon”, “nutmeg”, “fennel” e “cardamom”, adaptados às características de cada base.

Foi realizada adicionalmente uma estratégia complementar direcionada aos fatores pós-colheita, mediante a combinação dos termos anteriores com expressões relacionadas a “postharvest”, “post-harvest”, “storage”, “drying”, “moisture”, “humidity”, “water activity”, “temperature”, “processing”, “milling”, “grinding”, “packaging” e “handling”. A utilização de uma busca principal mais sensível e de uma busca complementar teve como finalidade evitar a perda de estudos de ocorrência nos quais informações pós-colheita estivessem presentes apenas no texto completo e não no título ou resumo.

Também foi realizada busca complementar mediante rastreamento das listas de referências de estudos considerados relevantes. O rastreamento retrospectivo foi encerrado após duas rodadas sucessivas de verificação, conforme decisão metodológica previamente estabelecida.

Seleção dos Estudos

Os registros identificados foram organizados em uma planilha de controle e submetidos à identificação de duplicatas. Posteriormente, procedeu-se à avaliação dos títulos e resumos segundo os critérios de elegibilidade previamente

estabelecidos. Os trabalhos potencialmente elegíveis foram submetidos à avaliação do texto completo ou das informações disponíveis necessárias à decisão de inclusão.

Durante a seleção, especial atenção foi destinada à distinção entre resultados referentes especificamente à AFB1 e aqueles apresentados somente como aflatoxinas totais. Estudos nos quais não foi possível individualizar os resultados referentes à AFB1 foram excluídos da síntese principal. O processo de seleção dos estudos foi sintetizado em fluxograma elaborado conforme o PRISMA 2020, utilizando os registros efetivamente documentados na planilha de triagem.

Extração e Organização dos Dados

Para os estudos incluídos, foi elaborada uma planilha padronizada de extração contendo informações sobre autoria, ano de publicação, país, delineamento, objetivo, tipo de tempero ou especiaria, forma de apresentação do produto, local de coleta, forma de comercialização, número de amostras, método utilizado para determinação da AFB1, limites de detecção e quantificação, frequência de amostras positivas e concentrações da micotoxina.

Também foram extraídas, quando disponíveis, informações referentes à secagem, umidade, atividade de água, temperatura, armazenamento, tempo de armazenamento, processamento, moagem, acondicionamento, forma de comercialização e outros fatores pós-colheita. Foi registrado separadamente se a relação entre determinado fator pós-colheita e a AFB1 havia sido apenas discutida pelos autores, observada descritivamente, demonstrada mediante associação estatística ou investigada experimentalmente.

Os estudos foram organizados em dois grupos para auxiliar a síntese: Grupo A, constituído por estudos predominantemente voltados à ocorrência de AFB1; e Grupo B, composto por estudos que, além da ocorrência, apresentaram informações relevantes sobre fatores pós-colheita.

As concentrações foram padronizadas, quando aplicável, para µg/kg. Para resultados expressos em concentração massa/massa, considerou-se a equivalência numérica entre 1 µg/kg, 1 ng/g e 1 ppb.

Avaliação da Qualidade Metodológica

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada por meio do JBI Critical Appraisal Checklist for Studies Reporting Prevalence Data, instrumento composto por nove itens aplicáveis à apreciação de estudos de ocorrência e prevalência. A avaliação considerou as informações documentais disponíveis para

cada estudo, com julgamentos classificados como “Sim”, “Não”, “Incerto” ou “Não aplicável”, conforme as orientações do instrumento (JBI, 2020).

Os resultados dessa avaliação foram considerados na interpretação das evidências, sem utilização de pontuação global arbitrária como critério isolado para exclusão dos estudos.

Síntese dos Dados

Os resultados foram organizados inicialmente por características dos estudos, matrizes investigadas, frequência de detecção e concentrações de AFB1. Posteriormente, foram sintetizadas as informações relacionadas aos fatores pós-colheita.

Devido à heterogeneidade entre os estudos quanto às matrizes analisadas, países de origem, estratégias de amostragem, métodos analíticos, limites de detecção e quantificação e condições de comercialização, optou-se pela realização de síntese descritiva e narrativa dos resultados. Não foi calculada uma prevalência global simples mediante a soma das amostras positivas e do número total de amostras dos diferentes estudos, uma vez que esse procedimento desconsideraria a heterogeneidade metodológica e poderia produzir uma estimativa inadequada.

Na interpretação dos resultados, foram mantidas separadas as informações referentes especificamente à AFB1 daquelas apresentadas como aflatoxinas totais. Resultados referentes a aflatoxinas totais foram utilizados apenas como informações complementares quando relevantes à discussão, não sendo contabilizados como frequência ou concentração específica de AFB1.

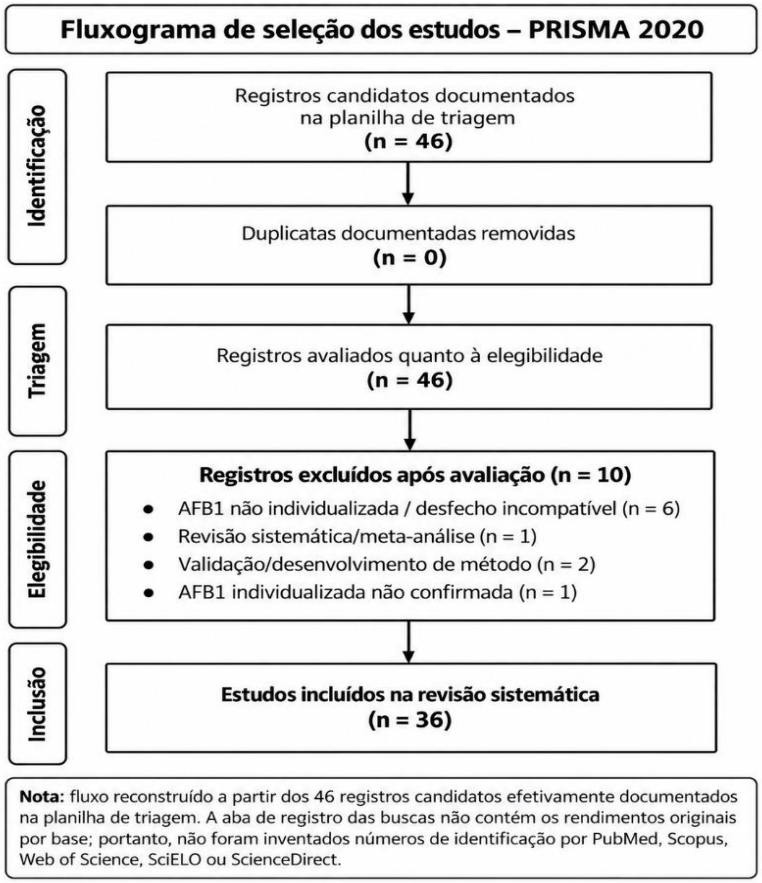
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seleção dos Estudos

A auditoria final da planilha de triagem identificou 46 registros candidatos efetivamente documentados. Não havia registros assinalados como duplicados nesse conjunto. Após a avaliação de elegibilidade, 10 registros foram excluídos e 36 estudos permaneceram incluídos na revisão sistemática. Entre as exclusões, seis ocorreram por ausência de AFB1 individualizada ou incompatibilidade do desfecho, uma por se tratar de revisão sistemática/meta-análise, duas por apresentarem delineamento predominantemente voltado à validação ou ao desenvolvimento de método analítico e uma por não permitir confirmar AFB1 individualizada com as informações disponíveis. Como a aba destinada ao registro das buscas não contém os rendimentos

originais por base de dados, esses números não foram estimados retrospectivamente; o fluxograma representa, portanto, o conjunto documental efetivamente auditado Figura1.

Figura 1: Fluxograma de seleção dos estudos conforme o PRISMA 2020, reconstruído a partir dos registros documentados na triagem.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Caracterização dos Estudos Incluídos

Os 36 estudos incluídos apresentaram ampla diversidade geográfica, metodológica e de matrizes alimentares. Produtos derivados de Capsicum, incluindo chilli, pimenta-vermelha e páprica, constituíram a categoria mais recorrente, estando presentes em 27 estudos. Pimentas preta e branca foram investigadas em 12 estudos, cominho em 10, gengibre e canela em sete estudos cada, cúrcuma e coentro em cinco estudos cada e funcho em quatro. Como um mesmo estudo pôde avaliar mais de uma especiaria, essas frequências não são mutuamente exclusivas.

Para fins de síntese, os trabalhos foram classificados em dois grupos. O Grupo A reuniu estudos predominantemente direcionados à ocorrência, detecção ou quantificação de AFB1. O Grupo B reuniu 13 estudos que, além da ocorrência da micotoxina, apresentaram informações relevantes sobre condições pós-colheita, como secagem, armazenamento, umidade ou atividade de água, processamento,

acondicionamento e condições de comercialização. Essa classificação permitiu separar a evidência de ocorrência daquela relacionada aos fatores potencialmente associados à contaminação Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização dos 36 estudos incluídos na síntese da revisão.

ID da triagem	Estudo	País	Matriz(es) investigada(s)	Grupo
1	Martins *et al.*, 2001	Portugal	12 tipos de especiarias em pó	A
2	O'Riordan & Wilkinson, 2008	Irlanda	Pimenta, chilli, curry, caiena, páprica, canela, coentro, cúrcuma e cominho	A
3	Tosun & Arslan, 2013	Turquia	Especiarias orgânicas (diversas)	A
4	Jeswal & Kumar, 2015	Índia	Chilli vermelho, pimenta-preta, cúrcuma, coentro, cominho, funcho, alcarávia, feno-grego e gengibre seco	A
5	Naz *et al.,* 2016	Paquistão	Canela, alcarávia, coentro, funcho, cúrcuma, pimentas, cominhos e ajwain	B
6	Man *et al*., 2016.	Romênia	Pimenta-preta, chilli doce e chilli picante, entre outras especiarias testadas	B
7	Garcia, *et al*., 2018	Brasil	Diversas especiarias; AFB1 detectada especificamente em alecrim e funcho	B
8	Akpo-Djènontin *et al*., 2018	Benim / África Ocidental	Especiarias e ervas aromáticas em pó	B
9	Set & Erkmen (2010)	Turquia	Pimenta-vermelha moída	B
11	Demirhan & Er Demirhan, 2023	Turquia	Pimenta-preta, pimenta-vermelha, cominho e cúrcuma	A
14	Ulca *et al.,* 2010	Turquia	Categoria especiarias dentro de amplo conjunto de alimentos	A
15	Naz *et al*., 2022	Paquistão	Especiarias selecionadas, incluindo pimenta-vermelha, gengibre, pimenta-preta e cravo	B
16	Gialluisi *et al*., 2025	Itália	Especiarias, ervas e misturas	A
19	Khabbouchi *et al.,* 2024	Arábia Saudita	19 tipos/produtos: louro, manjericão, cardamomo, alcarávia, coentro, canela, cravo, chilli vermelho, cominho, misturas kabsa, gengibre, orégano, pimenta-preta, açafrão, cúrcuma, pimenta-branca e outras misturas	A
20	Zhao et al.2013	China	Pimenta, chilli, pimenta-de-Sichuan/prickly ash, canela, anis, funcho, curry em pó, cominho e gengibre	A
21	Aydin *et al*., 2007	Turquia	Pimenta-vermelha	A
22	Azzoune *et al*., 2015/2016	Argélia	Anis, pimenta-preta, alcarávia, canela, coentro, cominho, gengibre, pimenta-vermelha, açafrão, cominho-doce e pimentão-doce	A
23	Bircan, 2005	Turquia	Páprica, chilli, pimenta-preta e cominho	B
24	Selim *et al.,* 1996	Egito	Categoria especiarias (10 amostras)	A
25	Cho *et al.,* 2008	Coreia do Sul	Pimenta-vermelha em pó, pasta de pimenta (Gochujang), curry,	A

			produtos de gengibre, pimenta-preta e canela em pó	
26	Jalili & Jinap, 2012	Malásia	Chilli seco	B
27	Özbey & Kabak, 2012	Turquia	Flocos de chilli vermelho, chilli vermelho em pó, pimenta-preta em pó, cominho e canela em pó	A
28	Iqbal *et al*., 2011	Paquistão	Chilli: Longi, Wonder Hot e Skyline 1	A
29	Paterson, 2007	Paquistão	Chilli vermelho	B
31	Santos *et al.,* 2010	Espanha	Páprica (64) e chilli (35) em pó	B
33	Reddy *et al*., 2001	Índia	Chilli (Capsicum annuum L.), três classes/grades; chilli em pó	B
34	Fazekas *et al*., 2005	Hungria	Pimenta-vermelha moída, pimenta-preta, pimenta-branca, mistura de especiarias e chilli	A
35	Çolak *et al*., 2006	Turquia	Red-scaled pepper, pimenta-vermelha e pimenta-preta	A
36	Zinedine *et al*., 2006	Marrocos	Pimenta-preta, gengibre, páprica-vermelha e cominho, entre outras especiarias	A
38	Hernández-Hierro *et al*., 2008	Espanha	Páprica vermelha de varejo	A
39	Ardic *et al*., 2008	Turquia	Isot (deep-red ground pepper)	A
40	Shundo *et al., 2009*	Brasil	Páprica	A
41	Reddy *et al*., 2011	Malásia	Especiarias incluídas entre as categorias de alimentos	A
42	Golge, *et al*., 2013	Turquia	Chilli	A
43	Karaaslan & Arslanğray, 2015	Turquia	Pimenta-vermelha moída	B
46	Singh & Cotty, 2017	Estados Unidos e Nigéria	Chilli vermelho seco; amostras dos EUA incluíram inteiro, moído, triturado e páprica	B

Fonte: Dados da revisão sistemática, elaborados pelos autores (2026).
Grupo A: estudos predominantemente de ocorrência de AFB1; Grupo B: estudos com ocorrência e informações pós-colheita relevantes.

Ocorrência e Níveis de AFB1 em Temperos e Especiarias

A ocorrência de AFB1 apresentou elevada heterogeneidade entre os estudos. Dos 36 trabalhos incluídos, 20 forneceram frequência de detecção numericamente utilizável e claramente atribuída à AFB1 e às matrizes de interesse. Nesses estudos, as frequências variaram aproximadamente de 2% a 100%. Esses extremos devem ser interpretados como a amplitude observada entre investigações heterogêneas, e não como uma prevalência combinada da contaminação em especiarias.

A menor frequência utilizável foi observada por Khabbouchi *et al*. (2024), na Arábia Saudita, com aproximadamente 2% das amostras positivas para AFB1. Em contraste, estudos específicos relataram detecção em 100% das amostras avaliadas, como no conjunto analisado por Man *et al*. (2016) e em chilli vermelho investigado por Paterson (2007). Entre esses extremos, foram registradas frequências elevadas

em diferentes contextos, como 96% em isot na Turquia (Ardic et al., 2008), 84% em especiarias e ervas aromáticas em pó na África Ocidental (Akpo-Djènontin *et al*., 2018), 82,4% em chilli na Turquia (Golge *et al.,* 2013), 68% em pimenta-vermelha (Aydin *et al.,* 2007) e 61,4% em páprica comercializada no Brasil (Shundo *et al*., 2009).

Também houve grande variação nas concentrações máximas. Dezesseis estudos apresentaram valores máximos de AFB1 passíveis de padronização direta em µg/kg, considerando a equivalência numérica entre µg/kg, ng/g e ppb para concentrações massa/massa. Os máximos reportados variaram de 3,865 a 969 µg/kg. O maior valor foi registrado por Reddy *et* al. (2001), em chilli comercializado na Índia, enquanto outros estudos apresentaram máximos substancialmente inferiores, como 3,865 µg/kg em Khabbouchi *et al*. (2024), 4,45 µg/kg em Cho *et al*. (2008), 7,3 µg/kg em Shundo *et al.* (2009) e 9,68 µg/kg em Zinedine *et al*. (2006).

A amplitude observada reforça que os resultados não devem ser combinados por simples soma das amostras positivas e do total analisado. Os estudos diferiram quanto às espécies vegetais, origem geográfica, condições de comercialização, estratégia amostral, métodos analíticos e limites de detecção e quantificação. Por esse motivo, a síntese desta revisão permanece descritiva e narrativa, evitando a apresentação de uma prevalência global que poderia produzir interpretação inadequada.

Ocorrência de AFB1 Segundo as Matrizes Investigadas

A distribuição dos estudos segundo as matrizes avaliadas demonstrou maior concentração das investigações em produtos derivados de Capsicum, incluindo chilli, pimenta-vermelha, páprica e produtos correlatos. Essa categoria esteve presente em 27 dos 36 estudos incluídos, seguida pelas pimentas preta e branca, investigadas em 12 estudos, cominho em 10, gengibre e canela em sete estudos cada, cúrcuma e coentro em cinco estudos cada e funcho em quatro. Como diversos trabalhos avaliaram simultaneamente mais de uma especiaria, essas frequências representam a presença das matrizes nos estudos e não categorias mutuamente exclusivas.

Os produtos derivados de Capsicum concentraram alguns dos maiores percentuais de detecção e concentrações de AFB1 observados. Bircan (2005), ao avaliar páprica, chilli, pimenta-preta e cominho comercializados na Turquia, detectou AFB1 em 90% das amostras de páprica e em 100% das amostras de chilli, com concentrações máximas de 116,4 e 80,4 µg/kg, respectivamente. Em contraste, 27% das amostras de pimenta-preta apresentaram AFB1, com máximo de 1,2 µg/kg,

enquanto o cominho permaneceu abaixo do limite de detecção. Esses resultados mostram que diferenças importantes podem ocorrer entre matrizes analisadas dentro de um mesmo contexto de comercialização.

Frequências elevadas também foram observadas em outros produtos derivados de Capsicum. Ardic *et al*. (2008) detectaram AFB1 em 96% das amostras de isot na Turquia. Golge, Hepsag e Kabak (2013) encontraram AFB1 em 82,4% das amostras de chilli avaliadas, enquanto Shundo *et al*. (2009), no Brasil, identificaram a micotoxina em 61,4% das amostras de páprica, com concentração máxima de 7,3 µg/kg. Paterson (2007) relatou presença de AFB1 em todas as amostras de chilli vermelho avaliadas no Paquistão.

A magnitude da contaminação nos produtos de Capsicum apresentou grande variação entre os estudos. Reddy *et al.* (2001), na Índia, registraram concentração máxima de 969 µg/kg em chilli, constituindo o maior valor de AFB1 identificado no conjunto desta revisão. Singh e Cotty (2017), ao compararem chilli vermelho seco proveniente dos Estados Unidos e da Nigéria, observaram maior frequência de positividade nas amostras nigerianas. Essa diferença reforça a necessidade de interpretar a matriz juntamente com as condições de produção, processamento e pós-colheita.

As pimentas preta e branca constituíram o segundo grupo de matrizes mais frequentemente investigado. A variabilidade também foi expressiva nesse grupo. Em alguns estudos foram observadas concentrações relevantes, enquanto em outros os valores foram baixos ou não detectáveis. Essas diferenças devem ser interpretadas considerando origem geográfica, processamento, armazenamento, estratégia amostral e método analítico, e não apenas a identidade da matriz vegetal.

Cominho, gengibre, canela, cúrcuma, coentro e funcho apareceram com frequência relevante no conjunto de estudos, porém os resultados específicos para AFB1 nem sempre puderam ser individualizados por matriz. Essa limitação ocorreu principalmente nos trabalhos que analisaram simultaneamente diferentes especiarias e apresentaram frequência de detecção ou medidas quantitativas de forma agregada. Assim, a presença dessas matrizes no estudo não autoriza atribuir a cada uma delas os percentuais globais apresentados pelo respectivo artigo.

Essa cautela é particularmente importante em levantamentos com múltiplas matrizes. Martins *et al*. (2001), em Portugal, detectaram AFB1 em 43% das 79 amostras analisadas, mas a distribuição foi heterogênea entre as especiarias: todas as amostras de caiena foram positivas; a noz-moscada apresentou valores de até 58 µg/kg; a páprica variou entre 1 e 20 µg/kg; chilli, cominho, curry, açafrão e pimenta-

branca apresentaram concentrações menores; e cardamomo, cravo, gengibre e mostarda não apresentaram AFB1 detectável naquele conjunto amostral.

Considerados em conjunto, os estudos demonstram acentuada heterogeneidade da ocorrência de AFB1 entre as matrizes. Os produtos derivados de Capsicum destacam-se tanto pela frequência com que foram investigados quanto pela presença de alguns dos maiores percentuais de positividade e concentrações encontrados na revisão. Entretanto, a variabilidade observada dentro da própria categoria indica que a matriz, isoladamente, não explica os padrões de contaminação, tornando necessário considerar as condições pós-colheita às quais os produtos foram submetidos.

Fatores Pós-Colheita Associados à Ocorrência e aos Níveis de AFB1

Dos 36 estudos incluídos, 13 foram classificados no Grupo B por apresentarem, além dos dados de ocorrência de AFB1, informações relacionadas às condições pós-colheita. Os fatores identificados envolveram principalmente secagem, contato do produto com o solo, umidade e atividade de água, armazenamento, processamento, acondicionamento e condições de comercialização. A natureza da evidência não foi uniforme: alguns estudos avaliaram diretamente etapas ou condições pós-colheita, enquanto outros apresentaram associações observacionais ou discutiram esses fatores como explicações plausíveis para os padrões de contaminação.

Secagem e contato do produto com o solo. A secagem destacou-se como uma das etapas mais relevantes, particularmente nos produtos derivados de Capsicum. Karaaslan e Arslanğray (2015) identificaram a fase de transpiração e a secagem final como pontos críticos para o acúmulo de aflatoxinas quando a pimenta-vermelha permanecia em superfícies com contato com o solo. O processamento sobre superfícies de concreto apresentou perfil mais favorável. Como o estudo avaliou diferentes aflatoxinas, entretanto, a magnitude desse efeito não deve ser atribuída exclusivamente à AFB1 sem os dados específicos correspondentes.

Umidade e atividade de água. Esses parâmetros apareceram de forma recorrente entre os fatores considerados, embora nem todos os estudos tenham testado estatisticamente sua associação específica com AFB1. Em parte dos trabalhos, umidade ou atividade de água foram efetivamente mensuradas; em outros, foram utilizadas para discutir diferenças de contaminação entre produtos, formas de processamento ou ambientes de armazenamento. A síntese, portanto, indica relevância recorrente da disponibilidade de água, mas não permite atribuir

causalidade direta em todos os estudos. Também se manteve a distinção entre teor de umidade e atividade de água, por não representarem medidas equivalentes.

Armazenamento. Reddy *et al*. (2001), ao investigarem chilli comercializado na Índia, observaram diferenças de contaminação entre classes comerciais e menor proporção de amostras contaminadas no material proveniente de armazenamento refrigerado. O mesmo estudo registrou o maior valor de AFB1 identificado nesta revisão, 969 µg/kg. A comparação sugere participação das condições de armazenamento na variabilidade entre lotes, mas deve ser interpretada como associação observacional e não como demonstração isolada de efeito causal da refrigeração.

Processamento e moagem. As operações realizadas entre a colheita e a obtenção do produto comercial, como secagem, trituração e moagem, representam diferentes oportunidades de exposição às condições ambientais. Karaaslan e Arslanğray (2015) demonstraram que a avaliação das etapas do processamento pode identificar pontos críticos que não seriam evidentes apenas pela análise do produto final. Singh e Cotty (2017), ao compararem chilli vermelho seco de diferentes origens, também incorporaram componente experimental relacionado à predisposição pós-colheita e observaram relação entre AFB1 e fungos da seção Flavi, reforçando a relevância da interação entre contaminação fúngica e condições posteriores à colheita.

Embalagem, acondicionamento e comercialização. Naz *et al.* (2016) observaram AFB1 em 36% das amostras comercializadas a granel e em 17% dos produtos embalados. Essa diferença constitui evidência observacional de associação com o contexto de comercialização, mas não permite atribuir efeito causal independente à embalagem, pois produtos a granel e embalados podem diferir simultaneamente quanto à origem, processamento, tempo de armazenamento, exposição ambiental e condições higiênico-sanitárias.

Diferenças relacionadas ao local de comercialização também foram relatadas. Jalili e Jinap (2012) encontraram maiores níveis de micotoxinas em chilli seco obtido em mercados abertos quando comparado ao comercializado em supermercados. A significância estatística apresentada pelos autores, contudo, refere-se ao conjunto de micotoxinas analisadas e não deve ser atribuída especificamente à AFB1. Naz *et al*. (2022) também registraram variação sazonal na ocorrência, mas parte das análises de significância foi conduzida para aflatoxinas totais ou matrizes específicas, o que impede generalização de associação estatística exclusiva com AFB1.

Em conjunto, os 13 estudos do Grupo B indicam que a ocorrência de AFB1 deve ser interpretada no contexto de uma cadeia de condições pós-colheita potencialmente inter-relacionadas. As evidências mais diretamente demonstradas foram observadas nas comparações de acondicionamento e comercialização, nas etapas de processamento e secagem com ou sem contato com o solo e nas diferenças relacionadas à origem e ao contexto pós-colheita. Para umidade, atividade de água e armazenamento, a evidência foi mais heterogênea, abrangendo mensurações, comparações observacionais e discussões mecanísticas. Essa distinção entre evidência experimental, associação estatística e observação descritiva evita conclusões superiores ao nível de evidência produzido pelos estudos primários.

Avaliação Crítica da Qualidade Metodológica – JBI

A avaliação crítica dos 36 estudos foi concluída com base nas informações documentais disponíveis na matriz de extração, utilizando-se o JBI Critical Appraisal Checklist for Studies Reporting Prevalence Data como instrumento principal, em razão do predomínio de estudos transversais, de monitoramento e de ocorrência. A avaliação foi conduzida de forma conservadora: quando a documentação disponível permitiu confirmar o atendimento ao item, atribuiu-se “Sim”; quando a informação necessária não estava suficientemente documentada, manteve-se o julgamento “Incerto”. O item referente à taxa de resposta foi considerado não aplicável aos estudos baseados em amostras de produtos alimentícios.

Os resultados evidenciaram melhor documentação dos métodos empregados para identificação e quantificação de AFB1. No item Q6, referente à validade do método utilizado para identificar a condição de interesse, 34 dos 36 estudos (94,4%) receberam julgamento “Sim”, enquanto dois (5,6%) permaneceram como “Incerto”. A descrição das matrizes e dos cenários de obtenção das amostras também foi satisfatória em grande parte do conjunto: no Q4, 30 estudos (83,3%) foram classificados como “Sim” e seis (16,7%) como “Incerto”.

Em contraste, os maiores níveis de incerteza concentraram-se nos aspectos relacionados ao processo amostral. Para Q2, que avalia a adequação da forma de amostragem, e Q3, relativo à adequação do tamanho amostral, os 36 estudos permaneceram como “Incerto”, pois as informações disponíveis na documentação utilizada para esta revisão não permitiram confirmar de maneira uniforme o procedimento de seleção das amostras nem a existência de justificativa formal do tamanho amostral. Esse resultado não significa necessariamente inadequação

metodológica dos estudos, mas ausência de evidência documental suficiente para um julgamento afirmativo ou negativo.

No Q1, referente à adequação do quadro amostral, 12 estudos (33,3%) receberam julgamento “Sim” e 24 (66,7%) permaneceram como “Incerto”. Para Q5, relacionado à cobertura suficiente da amostra, 13 estudos (36,1%) foram classificados como “Sim” e 23 (63,9%) como “Incerto”. Distribuição semelhante foi observada nos itens Q7, referente à padronização e confiabilidade da mensuração, e Q8, relativo à adequação da análise estatística, ambos com 13 estudos (36,1%) classificados como “Sim” e 23 (63,9%) como “Incerto”.

O Q9, relacionado à taxa de resposta, foi considerado “Não aplicável” nos 36 estudos, uma vez que a unidade de análise correspondeu a amostras de alimentos e não a participantes recrutados. Dessa forma, esse domínio não foi utilizado para reduzir ou elevar a apreciação metodológica dos estudos.

A avaliação JBI não foi convertida em um escore global de qualidade nem utilizada como critério retrospectivo de exclusão. Os estudos que atenderam aos critérios de elegibilidade permaneceram na síntese, e os julgamentos item a item foram empregados para qualificar a interpretação dos resultados. Assim, a principal limitação metodológica identificada no conjunto de evidências refere-se à insuficiência de documentação disponível sobre seleção e dimensionamento das amostras, enquanto os procedimentos analíticos para identificação de AFB1 constituíram o domínio mais consistentemente documentado Quadro 2.

Quadro 2: Síntese da avaliação crítica dos 36 estudos segundo os itens do JBI.

Item	Sim	Incerto	N/A	Síntese
Q1	12 (33,3%)	24 (66,7%)	–	Quadro amostral
Q2	0	36 (100%)	–	Forma de amostragem
Q3	0	36 (100%)	–	Tamanho amostral
Q4	30 (83,3%)	6 (16,7%)	–	Descrição da matriz/cenário
Q5	13 (36,1%)	23 (63,9%)	–	Cobertura da amostra
Q6	34 (94,4%)	2 (5,6%)	–	Método de identificação
Q7	13 (36,1%)	23 (63,9%)	–	Mensuração padronizada
Q8	13 (36,1%)	23 (63,9%)	–	Análise estatística
Q9	–	–	36 (100%)	Taxa de resposta

Fonte: Dados da revisão sistemática, elaborados pelos autores (2026).

Síntese Final dos Achados

A síntese dos 36 estudos demonstra que a ocorrência de AFB1 em temperos e especiarias é amplamente variável entre matrizes e contextos de produção e comercialização. Os produtos derivados de Capsicum foram os mais frequentemente investigados e concentraram alguns dos maiores percentuais de positividade e

concentrações observados, mas também apresentaram resultados baixos ou não detectáveis em determinados estudos. Essa amplitude confirma que a identidade da matriz, isoladamente, não explica a contaminação e que comparações entre estudos devem considerar diferenças de origem geográfica, amostragem, método analítico e limites de detecção e quantificação.

A análise dos 13 estudos do Grupo B indica que as condições pós-colheita participam de forma relevante da interpretação dos padrões de AFB1. Secagem e contato com o solo, disponibilidade de água, armazenamento, processamento, acondicionamento e forma de comercialização apareceram repetidamente associados à contaminação. Entretanto, a força dessa evidência variou entre os estudos: algumas relações foram avaliadas diretamente ou apresentaram associação estatística, enquanto outras foram observacionais ou utilizadas pelos autores como explicação mecanística. Assim, os achados sustentam a importância do manejo pós-colheita, mas não autorizam atribuir causalidade uniforme a todos os fatores identificados.

A avaliação crítica pelo JBI complementa essa interpretação. Os métodos de identificação da AFB1 constituíram o domínio mais consistentemente documentado, enquanto persistiram incertezas principalmente quanto à forma de amostragem e à justificativa do tamanho amostral. Essas limitações, somadas à heterogeneidade de matrizes, países, desenhos e procedimentos analíticos, reforçam a opção por uma síntese narrativa e impedem que a simples combinação dos números de amostras positivas seja interpretada como uma prevalência global de AFB1 em temperos e especiarias.

Em conjunto, os resultados indicam que a prevenção da contaminação requer atenção integrada às etapas posteriores à colheita, especialmente à secagem, à redução e manutenção da umidade em níveis adequados, à proteção contra contato direto com o solo, às condições de armazenamento e ao acondicionamento. Ao mesmo tempo, a variabilidade metodológica identificada evidencia a necessidade de estudos futuros com estratégias amostrais claramente descritas, dimensionamento amostral justificável e apresentação individualizada dos resultados de AFB1 por matriz.

CONCLUSÃO

A aflatoxina B1 ocorre em diferentes temperos e especiarias destinados ao consumo humano, com grande variação na frequência de detecção e nas concentrações reportadas, e os produtos derivados de Capsicum se destacam pela frequência de investigação e por concentrações elevadas em parte dos estudos, sem que esse padrão seja uniforme entre matrizes e contextos.

As evidências disponíveis indicam que secagem, contato com o solo, umidade e atividade de água, armazenamento, processamento, acondicionamento e condições de comercialização são fatores pós-colheita relevantes para a interpretação da ocorrência de AFB1. A avaliação metodológica demonstra maior consistência na documentação dos métodos analíticos e maior incerteza nos procedimentos de amostragem e no dimensionamento amostral.

Em conjunto, os achados reforçam a relevância das boas práticas pós-colheita e do monitoramento analítico para o controle da AFB1 em temperos e especiarias, enquanto novas pesquisas devem apresentar delineamentos amostrais mais transparentes e resultados individualizados para AFB1.

REFERÊNCIAS

AKPO-DJÈNONTIN, D. O. O. et al. Mold infestation and aflatoxins production in traditionally processed spices and aromatic herbs powder mostly used in West Africa. **Food Science & Nutrition**, v. 6, n. 3, p. 541-548, 2018. DOI: 10.1002/fsn3.579. Disponível em: https://doi.org/10.1002/fsn3.579. Acesso em: 21 maio 2026.

ARDIC, M. et al. Determination of aflatoxin B1 levels in deep-red ground pepper (isot) using immunoaffinity column combined with ELISA. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 5, p. 1596-1599, 2008. DOI: 10.1016/j.fct.2007.12.025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.12.025. Acesso em: 22 maio 2026.

AYDIN, A. et al. Determination of aflatoxin B1 levels in powdered red pepper. **Food Control**, v. 18, n. 9, p. 1015-1018, 2007. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.03.013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.03.013. Acesso em: 3 jul. 2026.

AZZOUNE, N. et al. Contamination of common spices by aflatoxigenic fungi and aflatoxin B1 in Algeria. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, v. 8, n. 1, p. 137-144, 2015. DOI: 10.3920/QAS2014.0426. Disponível em: https://doi.org/10.3920/QAS2014.0426. Acesso em: 2 abr. 2026.

BIRCAN, C. The determination of aflatoxins in spices by immunoaffinity column extraction using HPLC. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 40, n. 9, p. 929-934, 2005. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.01025.x. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01025.x. Acesso em: 10 set. 2026.

CHO, S.-H. et al. Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea. **Food Chemistry**, v. 107, n. 3, p. 1283-1288, 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.049. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.049. Acesso em: 10 set. 2026.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Code of practice for the prevention and reduction of mycotoxins in spices**: CXC 78-2017. Rome: FAO/WHO, 2017.

Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice. Acesso em: 24 set. 2026.

ÇOLAK, H. et al. Determination of aflatoxin contamination in red-scaled, red and black pepper by ELISA and HPLC. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 14, n. 3, p. 292-296, 2006. DOI: 10.38212/2224-6614.2476. Disponível em: https://doi.org/10.38212/2224-6614.2476. Acesso em: 4 mar. 2026.

DEMIRHAN, B.; ER DEMIRHAN, B. Analysis of multi-mycotoxins in commonly consumed spices using the LC-MS/MS method for assessing food safety risks. **Microorganisms**, v. 11, n. 7, art. 1786, 2023. DOI: 10.3390/microorganisms11071786. Disponível em: https://doi.org/10.3390/microorganisms11071786. Acesso em: 8 set. 2026.

FAZEKAS, B.; TAR, A.; KOVÁCS, M. Aflatoxin and ochratoxin A content of spices in Hungary. **Food Additives & Contaminants**, v. 22, n. 9, p. 856-863, 2005. DOI: 10.1080/02652030500198027. Disponível em: https://doi.org/10.1080/02652030500198027. Acesso em: 21 ago. 2026.

GARCIA, M. V.; MALLMANN, C. A.; COPETTI, M. V. Aflatoxigenic and ochratoxigenic fungi and their mycotoxins in spices marketed in Brazil. **Food Research International**, v. 106, p. 136-140, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.061. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.061. Acesso em: 21 ago. 2026.

GIALLUISI, G. et al. Natural occurrence of main mycotoxins in herbs and spices commercialized in Italy. **Foods**, v. 14, art. 1889, 2025. DOI: 10.3390/foods14111889. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods14111889. Acesso em: 3 set. 2026.

GOLGE, O.; HEPSAG, F.; KABAK, B. Incidence and level of aflatoxin contamination in chilli commercialised in Turkey. **Food Control**, v. 33, n. 2, p. 514-520, 2013. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.03.048. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.048. Acesso em: 13 set. 2026.

HERNÁNDEZ-HIERRO, J. M. et al. Aflatoxins and ochratoxin A in red paprika for retail sale in Spain: occurrence and evaluation of a simultaneous analytical method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 3, p. 751-756, 2008. DOI: 10.1021/jf073002c. Disponível em: https://doi.org/10.1021/jf073002c. Acesso em: 18 set. 2026.

IQBAL, S. Z. et al. Aflatoxin concentrations in chilies vary depending on variety. **Mycoscience**, v. 52, n. 5, p. 329-335, 2011. DOI: 10.1007/s10267-011-0106-7. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10267-011-0106-7. Acesso em: 8 maio 2026.

JALILI, M.; JINAP, S. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial dried chili. **Food Control**, v. 24, n. 1-2, p. 160-164, 2012. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.09.020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.020. Acesso em: 7 ago. 2026.

JBI – JOANNA BRIGGS INSTITUTE. **Critical appraisal checklist for studies reporting prevalence data**. Adelaide: JBI, 2020. Disponível em:

https://jbi.global/sites/default/files/2020-08/Checklist_for_Prevalence_Studies.pdf. Acesso em: 24 set. 2026.

JESWAL, P.; KUMAR, D. Mycobiota and natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A, and citrinin in Indian spices confirmed by LC-MS/MS. **International Journal of Microbiology**, v. 2015, art. 242486, 2015. DOI: 10.1155/2015/242486. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2015/242486. Acesso em: 12 ago. 2026.

KARAASLAN, M.; ARSLANĞRAY, Y. Aflatoxins B1, B2, G1, and G2 contamination in ground red peppers commercialized in Sanliurfa, Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 4, art. 184, 2015. DOI: 10.1007/s10661-015-4402-0. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10661-015-4402-0. Acesso em: 1 set. 2026.

KHABBOUCHI, M. et al. Monitoring of aflatoxins B1, G1, B2, and G2 in spices from Riyadh markets by liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **International Journal of Food Science**, v. 2024, art. 8560378, 2024. DOI: 10.1155/2024/8560378. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2024/8560378. Acesso em: 5 abr. 2026.

MAN, A. et al. Health threats from contamination of spices commercialized in Romania: risks of fungal and bacterial infections. **Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets**, v. 16, n. 3, p. 197-204, 2016. DOI: 10.2174/1871530316666160823145817. Disponível em: https://doi.org/10.2174/1871530316666160823145817. Acesso em: 9 set. 2026.

MARTINS, M. L.; MARTINS, H. M.; BERNARDO, F. Aflatoxins in spices marketed in Portugal. **Food Additives & Contaminants**, v. 18, n. 4, p. 315-319, 2001. DOI: 10.1080/02652030120041. Disponível em: https://doi.org/10.1080/02652030120041. Acesso em: 13 set. 2026.

NAZ, F. et al. Seasonal variation of aflatoxin levels in selected spices available in retail markets: estimation of exposure and risk assessment. **Toxins**, v. 14, n. 9, art. 597, 2022. DOI: 10.3390/toxins14090597. Disponível em: https://doi.org/10.3390/toxins14090597. Acesso em: 20 set. 2026.

NAZ, N. et al. Quantitative scrutinization of aflatoxins in different spices from Pakistan. **International Journal of Analytical Chemistry**, v. 2016, art. 4907425, 2016. DOI: 10.1155/2016/4907425. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2016/4907425. Acesso em: 18 set. 2026.

O'RIORDAN, M. J.; WILKINSON, M. G. A survey of the incidence and level of aflatoxin contamination in a range of imported spice preparations on the Irish retail market. **Food Chemistry**, v. 107, n. 4, p. 1429-1435, 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.09.073. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.073. Acesso em: 11 ago. 2026.

ÖZBEY, F.; KABAK, B. Natural co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in spices. **Food Control**, v. 28, n. 2, p. 354-361, 2012. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.05.039. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.039. Acesso em: 14 ago. 2026.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, art. n71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71. Disponível em: https://doi.org/10.1136/bmj.n71. Acesso em: 13 set. 2026.

PATERSON, R. R. M. Aflatoxins contamination in chilli samples from Pakistan. **Food Control**, v. 18, n. 7, p. 817-820, 2007. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.04.005. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.04.005. Acesso em: 14 maio 2026.

REDDY, K. R. N.; FARHANA, N. I.; SALLEH, B. Occurrence of Aspergillus spp. and aflatoxin B1 in Malaysian foods used for human consumption. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 4, p. T99-T104, 2011. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02133.x. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02133.x. Acesso em: 18 abr. 2026.

REDDY, S. V. et al. Aflatoxins B1 in different grades of chillies (Capsicum annuum L.) in India as determined by indirect competitive-ELISA. **Food Additives & Contaminants**, v. 18, n. 6, p. 553-558, 2001. DOI: 10.1080/02652030119491. Disponível em: https://doi.org/10.1080/02652030119491. Acesso em: 17 set. 2026.

SANTOS, L. et al. Co-occurrence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in Capsicum powder samples available on the Spanish market. **Food Chemistry**, v. 122, n. 3, p. 826-830, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.03.070. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.070. Acesso em: 24 ago. 2026.

SELIM, M. I. et al. Aflatoxin B1 in common Egyptian foods. **Journal of AOAC International**, v. 79, n. 5, p. 1124-1129, 1996. DOI: 10.1093/jaoac/79.5.1124. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jaoac/79.5.1124. Acesso em: 11 maio 2026.

SET, E.; ERKMEN, O. The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 8-9, p. 2532-2537, 2010. DOI: 10.1016/j.fct.2010.06.027. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.027. Acesso em: 17 set. 2026.

SHUNDO, L. et al. Aflatoxins and ochratoxin A in Brazilian paprika. **Food Control**, v. 20, n. 12, p. 1099-1102, 2009. DOI: 10.1016/j.foodcont.2009.02.008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.02.008. Acesso em: 21 abr. 2026.

SINGH, P.; COTTY, P. J. Aflatoxin contamination of dried red chilies: contrasts between the United States and Nigeria, two markets differing in regulation enforcement. **Food Control**, v. 80, p. 374-379, 2017. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.05.014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.05.014. Acesso em: 23 ago. 2026.

TOSUN, H.; ARSLAN, R. Determination of aflatoxin B1 levels in organic spices and herbs. **The Scientific World Journal**, v. 2013, art. 874093, 2013. DOI: 10.1155/2013/874093. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2013/874093. Acesso em: 18 set. 2026.

ULCA, P. et al. Surveys of aflatoxin B1 contamination of retail Turkish foods and of products intended for export between 2007 and 2009. **Food Additives & Contaminants: Part B**, v. 3, n. 2, p. 120-125, 2010. DOI:

10.1080/19393210.2010.493619. Disponível em: https://doi.org/10.1080/19393210.2010.493619. Acesso em: 21 set. 2026.

ZHAO, X.; SCHAFFNER, D. W.; YUE, T. Quantification of aflatoxin risk associated with Chinese spices: point and probability risk assessments for aflatoxin B1. **Food Control**, v. 33, n. 2, p. 366-377, 2013. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.03.012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.012. Acesso em: 18 maio 2026.

ZINEDINE, A. et al. Natural occurrence of mycotoxins in cereals and spices commercialized in Morocco. **Food Control**, v. 17, n. 11, p. 868-874, 2006. DOI: 10.1016/j.foodcont.2005.06.001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.06.001. Acesso em: 27 abr. 2026.
.