

A contaminação da castanha do Brasil por aflatoxinas e seu efeito carcinogênico: uma revisão narrativa

The contamination of Brazil nut by aflotoxins and its carcinogenic effect: a narrative review

La contaminación de las nueces de Brasil por aflotoxinas y su efecto cancerígeno: una revisión narrativa

Recebido: 13/05/2022 | Revisado: 24/05/2022 | Aceito: 27/05/2022 | Publicado: 03/06/2022

Douglas Oliveira Vieira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5263-5484>
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: srt.douglas-vieira@hotmail.com

Katia Regina Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2974-6995>
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: katia.regina@ifrn.edu.br

Leonardo Armando Magalhães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1588-2846>
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
E-mail: leonardoscout590@gmail.com

Ítala Viviane Ubaldo Mesquita Vêras

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9367-3970>
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: itala.mesquita@ifrn.edu.br

Saint Clair Lira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2738-2972>
Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: saint.lira@ifrn.edu.br

Resumo

A castanha-do-Brasil é fruto, nativo da floresta Amazônica rica em ácidos graxos poli-insaturados e possui dois grupos de fungos, produtores de aflatoxinas, que são compostos tóxicos com efeitos carcinogênicos e mutagênicos. O objetivo do trabalho foi revisar a literatura acerca dos estudos que investigam a contaminação da castanha-do-brasil por aflatoxinas e sua correlação com o câncer. A pesquisa possui uma abordagem qualitativa, de cunho exploratório, cujos procedimentos caracterizam-se como uma revisão narrativa. O estudo encontrou quatorze achados clínicos principais, constatando que os fungos toxigênicos podem desenvolver-se nos alimentos durante a sua produção, processamento, transporte ou estocagem e, uma vez produzidas, as aflatoxinas podem ser ingeridas, inaladas ou mesmo absorvidas pela pele, causando patologias e morte do homem. A castanha-do-brasil foi o produto que apresentou maior incidência de aflatoxinas no Brasil. Assim, os cuidados básicos são necessários durante o processo de colheita, pós-colheita para o avanço em todos esses seguimentos, desde as técnicas extrativistas até os agravos gerados pela sua contaminação.

Palavras-chave: Bertholletia; Fungos; Câncer; Ensino em saúde.

Abstract

The Brazil nut is a fruit, native to the Amazon Rainforest and polygenic fatty acids from two groups, producers of aflatoxins, which are toxic compounds with carcinogenic and mutagenic effects. The objective of the work was to review studies that investigate the literature on Brazil nut and its conclusion with cancer. The has a qualitative approach, of an exploratory nature, a review research are characterized. The study verified fourteen main clinical findings, noting that foods can develop in foods at their production, processing, once or storage, as aflatoxin, or even if they are transported, inhaled or even pathogenic through the skin, fungi and pathogens. and death of man. Brazil nut was the product that presented the highest probability of aflatoxins in Brazil. Thus, the basic principles are during the harvesting process, post-sequence for the advancement in all these cares, from the extractive methods generated by its continuity.

Keywords: Bertholletia; Fungi; Cancer; Health teaching.

Resumen

La nuez de Brasil es una fruta nativa de la Selva Amazónica rica en ácidos grasos poliinsaturados y tiene dos grupos de hongos, productores de aflatoxinas, que son compuestos tóxicos con efectos cancerígenos y mutagénicos. El objetivo de este trabajo fue revisar la literatura sobre estudios que investigan la contaminación de las nueces de Brasil por aflatoxinas y su correlación con el cáncer. La investigación tiene un enfoque cualitativo, de carácter exploratorio, cuyos procedimientos se caracterizan como una revisión narrativa. El estudio encontró catorce hallazgos clínicos principales, destacando que los hongos toxigénicos pueden desarrollarse en los alimentos durante su producción, procesamiento, transporte o almacenamiento y, una vez producidas, las aflatoxinas pueden ser ingeridas, inhaladas o incluso absorbidas a través de la piel, causando patologías y muerte del hombre. La nuez de Brasil fue el producto con mayor incidencia de aflatoxinas en Brasil. Así, los cuidados básicos son necesarios durante el proceso de cosecha, poscosecha para avanzar en todos estos segmentos, desde las técnicas extractivas hasta los problemas generados por su contaminación.

Palabras clave: Bertholletia; Hongos; Cáncer; Enseñanza en salud.

1. Introdução

A espécie cujo nome científico é *Bertholletia excelsa*, é uma árvore de grande porte, nativa da floresta Amazônica. O fruto desta árvore é o ouriço, que possui formato esférico e de casca muito dura. Dentro dele encontram-se as castanhas que igualmente rígidas, protegem a amêndoa. Essa amêndoa é rica em ácidos graxos poli-insaturados e lipídeos de alto valor biológico, dentre outros componentes nutricionais (Silva, 2014).

Desta forma, essa amêndoa representa elevada importância econômica, devido à grande procura no mercado que se destaca por ser fonte de ácidos graxos insaturados, proteínas, fibras, vitaminas e apresentar alto teor de selênio, oligoelemento essencial para a saúde humana que contribui para o equilíbrio oxidativo, redução plasmática de mediadores inflamatórios auxiliando na prevenção do envelhecimento precoce e de inúmeras doenças, como diabetes mellitus, dislipidemias, cardiovasculares e até mesmo na redução da severidade da COVID-19 (Di Stadio, et al, 2020).

Segundo dados do IBGE (2015) o estado do Acre liderou a produção nacional de castanha e ainda com uma redução de 37,7% em 2016, continua sendo um dos maiores produtores do país, com destaque para os municípios de Sena Madureira, Rio Branco e Brasília.

Entretanto, a exportação do produto perdeu credibilidade no mercado internacional tendo em vista a sua fácil contaminação durante o processo de produção. Usa-se um modelo extrativista tradicional não-madeireiro caracterizado pelo baixo uso de tecnologias durante o processamento, o que facilita a contaminação por fungos (Martins, et. al., 2008).

A evolução das exportações brasileiras de castanha registrou tendência de decréscimo a partir de 2008, atingindo pico do valor monetário em 2012 e da quantidade em 2015, mesmo ano que ambos registraram retração gradativa até 2017 (Oliveira, et al., 2020).

O Programa de Alimentos Seguros (2004), corroborou a tese de que a proliferação de fungos sob condições favoráveis, durante o processamento da castanha-do-brasil, pode gerar sua fácil contaminação, principalmente quanto ao ambiente com elevada umidade relativa, baixo nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva, como as técnicas de pré-colheita, armazenamento e beneficiamento, configurando o manejo inadequado do produto (Álvares, et. al., 2012).

Dentre os principais agentes contaminantes da castanha, podemos citar dois principais grupos de fungos: *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* – produtores de aflatoxinas, que são compostos tóxicos com efeitos carcinogênicos, hepatotóxicos e mutagênicos. As principais aflatoxinas conhecidas são denominadas de B1, B2, G1 e G2, com base na fluorescência delas sob luz ultravioleta (B=Blue, G=Green) e na sua mobilidade durante a realização de cromatografia de camada delgada (Freire, et. al., 2007).

Pesquisas realizadas por Caldas e Colaboradores (2002), apontam a castanha-do-brasil como o produto com maior incidência de aflatoxinas no país com vistas ao grande potencial cancerígeno no ser humano. Há, ainda, a ocorrência de 13 distúrbios neurológicos e imunológicos. Além destes, dano hepático já foi relacionado a partir da contaminação pela

aflatoxina do tipo B1 que é uma das substâncias cancerígenas mais potentes conhecidas até então citada por Sacramento, et. al., (2016).

A *Bertholletia excelsa* é um alimento amplamente consumido no Brasil e no mundo, sobretudo na região norte do país. Entender sobre o seu potencial nutricional, processo envolvido no cultivo, além de sua comercialização é fundamental, haja vista sua grande importância socioeconômica e ambiental para a região amazônica, sendo uma das principais fontes de renda para a população local, além de ter um alto valor nutricional (Bittencourt, et. al., 2012).

Estudos realizados por Silva, et. al., (2010), sugerem que o alto teor de ácidos graxos insaturados presentes na amêndoa da castanha, torna o alimento altamente perecível em decorrência, principalmente, dos processos oxidativos aos quais estes óleos estão expostos, e favorecem o surgimento de fungos produtores de aflatoxinas.

Além deste, Costa et. al., (2009), apontaram que, dentre as castanhas diversas, a castanha-do-brasil é o produto que apresenta a maior incidência de aflatoxinas no país, fato preocupante quando comparada a estudos epidemiológicos realizados com populações expostas e experimentos feitos em animais que levaram a classificação das aflatoxinas como carcinógeno humano do Grupo 1, pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Em um estudo de Rocha, et al., (2021), constatou que em todas as feiras avaliadas com amostras de castanha do Brasil comercializadas *in natura* na cidade de Macapá tinha algum percentual insatisfatório para consumo. Esses resultados evidenciam a necessidade de alertar a população quanto aos riscos à saúde, de intensificar a fiscalização, bem como de elaborar ações mais eficazes de orientação e sensibilização para a adoção de boas práticas na manipulação dessa iguaria amazônica.

Aspectos gerais sobre a castanha-do-brasil e risco de contaminação

A castanha-do-pará, ou castanha-do-brasil, semente da castanheira-do-pará, *Bertholletia excelsa*, H.B. e K., da família das Lecitidáceas, é cultivada em toda Amazônia e considerada uma das maiores riquezas nas regiões dos castanhais (Vianna, 1972 & Cardarelli, et. al., 2000). A área de ocorrência da castanheira abrange as regiões amazônicas, estendendo-se da Bolívia, Peru e Brasil, até o escudo das Guianas, compreendendo o Suriname, as Guianas e o sul da Venezuela, na região do Rio Negro. As áreas de terra firme são os locais em que a espécie apresenta bom desenvolvimento, não tolerando áreas alagadas ou de grande retenção de água (Mapa, 2014).

É um produto típico da região norte do Brasil e muito consumido, não apenas pela população extrativista como também por todas as outras regiões, principalmente para quem busca uma alimentação balanceada. Sendo assim, o endosperma da semente de castanha-do-brasil constitui um alimento bastante apreciado pelo sabor, e também pelas qualidades nutritivas. Vários estudos relatam que a amêndoa da castanha contém de 60 a 70% de lipídeos e cerca de 15 a 20% de proteínas de alto valor biológico (Cardarelli, et. al., 2000 & Silva et. al., 2010).

É considerada um produto orgânico resultante do extrativismo da região Amazônica e não se faz uso de defensivos químicos para adubação e controle de pragas tornando a extração ambientalmente correta. No entanto, se tem pouco controle dos padrões de qualidade devido a sua cadeia produtiva possuir baixo nível tecnológico, de manuseio e manejo da matéria-prima (Leite, 2014 & Kato et. al., 2016).

Os vários usos da castanha-do-brasil são tão antigos quanto o próprio conhecimento que se têm dessa espécie nativa da floresta amazônica. Desde os primórdios da chegada dos europeus à América do Sul, ela é mencionada e descrita nas narrativas de viajantes, religiosos e naturalistas, como também as formas de 17 aproveitamento de suas sementes, as nozes. Apreciadas pelo seu sabor, essas amêndoas são muito utilizadas, principalmente no acompanhamento de doces, confeitos e até mesmo na culinária de modo geral (Almeida, 2015).

Importante destacar que, este produto é um dos recursos econômicos mais importantes da Amazônia ocupando lugar de destaque no extrativismo regional e sendo um dos produtos florestais não madeireiros mais exportados para fora do país (Myers, et. al., 2000 & Álvares, et. al., 2012).

Entretanto, por se tratar de uma cadeia produtiva manual envolvendo baixo nível tecnológico e, ainda, associado às condições climáticas da região, as chances de contaminação por fungos produtores de micotoxinas são demasiadamente altas. De acordo com a organização não governamental WorldWide Fund (WWF), em 2013, a árvore da castanha pode ser encontrada nos nove países que constituem a Pan-amazônia, mas, segundo Tonini (2007), a maior parte está distribuída entre Brasil, Colômbia e Peru que respondem por, aproximadamente, 96% da área plantada.

Atualmente, a Bolívia é o maior produtor em nível mundial que suplantou o Brasil a partir dos primeiros anos da década de 2000 (Moraes, et. al., 2014). O estado do Acre é um dos maiores produtores do país, e isso se deve principalmente a criação da Cooperativa Central de Comercialização de Extrativista do Acre (COOPERACRE), a tributação aplicada pela Secretaria de Fazenda do Estado à saída da castanha-do-brasil com casca para outros estados; a ampliação da capacidade instalada nas agroindústrias do estado, a divulgação do produto em grandes centros do País, dentro outras (Bayma, 2013).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2017), houve uma queda de cerca de 70% na produção do produto o que fez com que a castanha-do-brasil praticamente sumisse do mercado, provocando elevação dos preços. Existem várias especulações sobre o motivo, e o mais provável é que fatores climáticos são os principais responsáveis por esse declínio. Atualmente, a grande preocupação dos países importadores com as condições higiênico-sanitárias no processamento do produto, tanto que o Brasil já foi impedido de exportar a castanha-do-brasil para os Estados Unidos e para países da União Europeia, dado que, a quantidade de aflatoxinas encontradas no produto eram maiores do que o aceitável.

Dessa forma, em busca de uma maior segurança alimentar, a legislação brasileira adotou níveis 18 máximos de aflatoxinas em alimentos, sendo as únicas micotoxinas com limites máximos previstos na legislação (Kato, et. al., 2016).

Fungos e aflatoxinas

Fungos são microrganismos eucarióticos, multicelulares e filamentosos, podendo ocasionar alterações no sabor e qualidade de alimentos. Em alguns casos essas alterações são desejáveis, como na fabricação de queijos. Todavia, em muitos outros, podem causar transformações indesejáveis, produzindo sabores e odores desagradáveis, causados por diferentes graus de deterioração ou ainda trazer riscos à saúde humana e animal devido à produção de micotoxinas (Oliveira, et. al., 2013).

Para os fungos se desenvolverem e produzirem micotoxinas são necessárias condições favoráveis de umidade, temperatura, acidez, composição química do alimento e potencial redox (Pereira, et. al., 2002). De acordo com Maziero e Bersot, (2010), a presença do fungo no alimento não implica, obrigatoriamente, em produção de micotoxina, assim como, a toxina pode estar presente no alimento mesmo na ausência do fungo. Isso porque a maioria das micotoxinas são termoestáveis, resistindo a determinados tratamentos térmicos ou processos de desidratação que são suficientes para destruir o micélio vegetativo dos fungos que as produziram (Molin & Valentini, 1999).

Desenvolvem-se em produtos cuja atividade de água (AW) varia de 0,65 a 0,90 unidades de AW e teor de umidade dos grãos na faixa de 14 a 22%. No que se refere à atividade de água, o mínimo para o desenvolvimento dos fungostoxigênicos é de 0,76 unidades de AW. Portanto, quando possível, os alimentos devem estar abaixo destas faixas para serem considerados seguros (Teixeira, 2008).

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos que apresentam efeito tóxico ao organismo humano e outros animais. Entre elas se destacam as aflatoxinas (B1, B2, G1, G2 e M1), ácido fusárico, fumonisinas (B1 e B2), ocratoxinas (A, B e C), patulina, zearalenona e tricotecenos (Oliveira, et al., 2013).

Aflatoxinas são as micotoxinas mais preocupantes no âmbito da saúde pública mundial, encontradas em frutas secas e cereais em condições de umidade e temperatura elevadas que constituem um risco a saúde humana, devido aos seus efeitos tóxicos imediatos, imunossupressores, mutagênicos, teratogênicos e 19 carcinogênicos. As espécies mais importantes de *Aspergillus* produtoras de aflatoxinas são *Aspergillus flavus*, que só produz AFB₁, e *Aspergillus parasiticus*, que produz AFB₁ e AFG (Peraica, et. al., 2000).

Dentre as micotoxinas, as aflatoxinas são as que merecem maior atenção, tendo em vista que muitos estudos relacionam um tipo específico de aflatoxina (B₁) como um dos mais potentes agentes carcinogênicos (Bennet, Klich, 2003 & Costa, et. al., 2009). Representam o grupo de micotoxinas com mais resultados positivos em alimentos já relatados (Pereira, et. al., 2002) e são produzidas pelo metabolismo secundário de algumas espécies de fungos, como por exemplo, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e *Aspergillus nomius* (Kurtzman, et. al., 1987 & Costa, et. al., 2009). A aflatoxina está relacionada à toxicidade e a carcinogenicidade no homem. A aflatoxicose aguda pode causar morte; seu quadro se inicia após 6 horas de ingestão da micotoxina e seus sintomas incluem severa depressão, presença de sangue nas fezes, tremores musculares e hipertermia (até 41° C).

A aflatoxicose crônica desencadeia alterações patológicas mais prolongadas, como o câncer a imunossupressão, todavia, muitas vezes, a aflatoxicose aguda se manifesta com maior frequência, como hepatite aguda, pois o principal órgão afetado pela aflatoxina B₁ é o fígado (Murray, et. al., 2006 & Pereira, et. al., 2011).

O câncer pode estar relacionado a causas internas e externas, sendo que as causas externas em nada se relacionam com genética e sim com o ambiente e os hábitos de cada indivíduo. Quando se fala em causas internas, deve-se mencionar a mutação de genes que pode alterar células defeituosas que podem incorrer em câncer (Pereira, et. al., 2011).

Embora esta seja uma importante atividade de produção florestal não madeireira, a cadeia produtiva da castanha-do-brasil tem sido ameaçada por entraves como as dificuldades para se adequar aos padrões tecnológicos exigidos pelos mercados importadores. Estas dificuldades são devidas à ocorrência de aflatoxinas (do tipo B₁, B₂, G₁ e G₂) em toda a cadeia produtiva da castanha-do-brasil (Bittencourt, et. al., 2012). Essa é uma das principais causas de perdas econômicas na agricultura mundial onde são necessárias estratégias de controle biológico para evitar a contaminação que se torna preocupante devido ao fato de que a aflatoxina B₁ é um dos mais potentes carcinogênicos naturais conhecidos.

Nesse contexto, é justificável a discussão acerca dos fatores que levam à contaminação da castanha por aflatoxinas e o seu efeito carcinogênico para a saúde humana. Assim, objetivou-se com o trabalho discutir sobre a relação existente entre a castanha-do-brasil contaminada por aflatoxinas e a ocorrência de câncer.

2. Metodologia

A pesquisa possui uma abordagem qualitativa, de cunho exploratório, cujos procedimentos caracterizam-se como uma revisão narrativa.

A revisão narrativa é caracterizada por uma análise crítica da literatura, sob o ponto de vista teórico ou contextual. Não há necessidade de estabelecer critérios ou sistematização na descrição e desenvolvimento de determinada pesquisa ou assunto, o que possibilita o conhecimento e discussão de novos temas e caminhos teórico-metodológicos, a partir de diversas fontes documentais, além da utilização da subjetividade dos pesquisadores para a seleção e interpretação das informações (Grant & Booth, 2009).

Foi realizado um levantamento durante todo o ano de 2021 a partir de documentos indexados em periódicos da área. Os descritores (palavras-chave) foram utilizados em várias combinações, utilizando o idioma português e inglês para a busca nas bases de dados como Scielo, Research, Society and Development, Revista Brasileira de Biociências, Portal Embrapa, entre outras. Os descritores foram: 1) *Bertholletia*; 2) Fungos; 3) Câncer; 4) Ensino em saúde.

Os critérios de inclusão utilizados na coleta de dados foram: 1. obtenção de artigos nas bases de dados selecionadas; 2. apresentação completa do texto online; 3. estudos com abordagem quantitativa ou qualitativa; 4. publicações em português e em outros idiomas; 5. artigos publicados nos últimos 21 anos; 6. artigos relacionados ao tema da pesquisa. Fizeram parte dos critérios de exclusão: 1. artigos incompletos; 2. artigos que não abordem a questão do câncer e o processo de produção e armazenamento da castanha.

Assim, as etapas e seleção de busca ocorreu conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Passos de busca e seleção dos estudos para revisão

Passo 1	Bases de dados: Scielo, Research, Society and Development, Revista Brasileira de Biociências e Portal Embrapa
	Descritores utilizados: 1) Bertholletia; 2) Fungos; 3) Câncer; 4) Ensino em saúde
	Inclusão de 39 estudos
Passo 2	Resumo da análise: Principal escopo da discussão e a relação existente entre a castanha-do-brasil contaminada por aflatoxinas e a ocorrência de câncer
	Exclusão de 25 estudos
Passo 3	Construção da revisão narrativa

Fonte: Autores (2022).

3. Resultados e Discussão

A partir da busca de literaturas, considerando a escassez de publicações que contemplem pesquisas a respeito da contaminação da castanha por aflatoxinas e seu potencial carcinogênico, foram selecionados quatorze artigos, conforme exposto na tabela 2.

Tabela 2 - Estudos sobre a contaminação da castanha-do-brasil por aflatoxinas, segundo autor, ano de publicação e achados clínicos.

Autor e ano	Principais achados do estudo
Kato, et al., 2016	A preocupação com a contaminação da castanha-do-brasil por aflatoxinas é mundial e se torna evidente com as diversas legislações que definem um nível máximo a essa micotoxina existente em todo o mundo.
Di domenico, et al., 2015	Há forte influência das condições ambientais entre as safras e entre a época e o tipo de armazenamento do produto.
Venegas, et al., 2014	Estudos epidemiológicos sobre a exposição a aflatoxinas na dieta mostram que esse fenômeno é típico de certas regiões onde as condições ambientais e de saúde, manejo inadequado dos alimentos e falta de recursos facilitam a contaminação dos mesmos.
Ferreira, H. et al., 2006	As boas práticas agrícolas, de transporte, de manufatura e de armazenagem continuam sendo a melhor forma de prevenir a contaminação de alimentos por aflatoxinas. Estima-se que 35% dos casos de neoplasias em humanos estejam diretamente relacionados à dieta e a presença de aflatoxinas em alimentos, sendo esta última considerada um dos principais fatores relacionados à indução de neoplasia hepática, principalmente em países tropicais.
Caldas, et al., 2002	Os níveis de contaminação encontrados em amendoim e derivados ultrapassaram os níveis máximos permitidos pela legislação brasileira, podendo significar fator de risco para a população que os consome regularmente.

Costa, et al., 2009	É elevada a contaminação fúngica em amêndoas de castanha-do-brasil e de amendoim comercializados em Fortaleza, especialmente em produtos descascados. A presença constante de <i>Aspergillus flavus</i> , sugere que estes produtos podem estar seriamente contaminados com aflatoxinas. Torna-se necessário uma ação eficiente da vigilância sanitária com o intuito de monitorar os níveis de aflatoxinas presentes nestes produtos a fim de reduzir os riscos à saúde dos consumidores locais.
Álvares, et al., 2012	Embora a contaminação tenha sido baixa, em todas as amostras analisadas do comércio de Rio Branco, Acre, foi detectada a presença de AFB1, AFB2 e AFG1. Contudo os valores encontrados estão dentro do recomendado pela Resolução RDC nº 7 da ANVISA de 18/02/2011 quanto à contaminação por aflatoxinas. A umidade das castanhas é um fator que pode favorecer a proliferação de fungos, inclusive produtores de aflatoxinas e que, por isso, obrigatoriamente as castanhas devem passar por um período de secagem após a coleta.
Costa, 2012	O armazém com ar forçado utilizado é eficiente em reduzir o teor de umidade da amêndoa de castanha-do-brasil, mas ineficiente em reduzir o crescimento de fungos e a produção de aflatoxinas no decorrer do armazenamento por até 150 dias. A armazenagem de castanha-do-brasil deve ser evitada antes de seu beneficiamento, pois a manutenção pode favorecer o crescimento de fungos aflatoxigênicos e a produção de aflatoxinas.
Londoño- cifuentes, et.al, 2017	Estima-se que nos países em desenvolvimento há uma maior prevalência e exposição a aflatoxinas, uma vez que as regulamentações durante a colheita e pós-colheita não existem ou são realizadas de maneira inadequada. Condições climáticas tropicais e subtropicais beneficiam o crescimento de fungos e a produção de aflatoxinas.
Calderari, 2011	Os valores de atividade de água das amostras de castanha do Brasil coletadas tanto na floresta do Estado do Pará como do Amazonas foram mais elevados que os valores encontrados nas processadoras e nos mercados. De acordo com os resultados a seleção e a secagem realizadas nas processadoras são eficientes para reduzir os níveis de contaminação por fungos filamentosos nas amostras. A adoção de boas práticas desde a coleta na floresta, quebra, transporte, processamento e comercialização da castanha são práticas que devem ser adotadas e poderão auxiliar na redução de espécies toxigênicas e de aflatoxinas neste produto.
Bando, et al., 2007.	As micotoxinas têm sido extensivamente estudadas em relação ao seu mecanismo de ação, mutagenicidade e atividade carcinogênica. O conhecimento desses mecanismos levou ao desenvolvimento de biomarcadores, como os produtos de biotransformação e adultos de macromoléculas.
Pereira, et al., 2011	As micotoxinas estão presentes em diversos ambientes devido a sua fácil disseminação. Torna-se necessário que sejam criadas estratégias de controle, como o cuidado na colheita, estocagem apropriada, cuidados com temperatura, umidade e validade. A melhor forma para o controle das micotoxinas é prevenir o crescimento de fungos nos alimentos.
Sacramento, et al., 2016	A ingestão de aflatoxinas em alimentos causa intoxicação aguda e crônica no homem. A aflatoxina B1, especialmente, constitui um fator de risco para o carcinoma hepático, por induzir mutação no gene p53 supressor de tumor. A contaminação de alimentos varia em função de fatores geográficos e sazonais e também das condições de cultivo, colheita e armazenamento dos mesmos. Os maiores índices de contaminação fúngica nos produtos agrícolas ocorrem nas etapas de produção, que abrange desde o plantio até a armazenagem.
Maziero, et al., 2010	O monitoramento de micotoxinas em alimentos é de extrema importância para a saúde pública, visando a adoção de medidas tecnológicas a fim de reduzir a exposição a alimentos considerados de risco para estas toxinas. Considerando os efeitos crônicos que as micotoxinas podem causar, a somatória das possíveis fontes na dieta humana pode representar um grave risco à saúde humana.

Fonte: Autores (2022)

A contaminação por aflatoxinas e a ocorrência de câncer

Com a análise dos artigos selecionados é possível constatar que os fungos toxigênicos podem desenvolver-se nos alimentos durante a sua produção, processamento, transporte ou estocagem e, uma vez produzidas, as aflatoxinas podem ser ingeridas, inaladas ou mesmo absorvidas pela pele, causando patologias e morte do homem ou de animais.

Estas toxinas são altamente mutagênicas, carcinogênicas e teratogênicas e dentre as condições favoráveis para a produção, destacam-se entre os estudos a temperatura, a atividade de água e o teor de umidade, a acidez, a composição química

do alimento, a taxa de oxigenação, o período de armazenagem, o grau de contaminação, as condições físicas das castanhas e a interação microbiana.

Os estudos realizados por Kato et. al., (2016) dão conta de que a contaminação da castanha por fungos toxigênicos é causada principalmente por fatores climáticos, ambientais e também no processamento. Dessa forma, é notório que, castanhas secas, com menor atividade de água além do tratamento e seleção realizados na indústria de beneficiamento são menos suscetíveis à contaminação como verificado na maioria dos achados.

Segundo Baggio (2006), a exposição humana às aflatoxinas pelo consumo de alimentos contaminados é uma questão de saúde pública mundial, sendo que a exposição a AFB1 potencializa o risco de carcinoma hepático quando associada ao vírus da hepatite B (HBV), que atua como favorecedor da manifestação fenotípica dotumor causado pela toxina.

A grande parte dos trabalhos publicados até o momento destaca a contaminação da castanha-do-brasil como inerente ao seu próprio processo de beneficiamento, conforme exposto por Álvares et. al., (2012) em Rio Branco no estado do Acre. Nesse estudo, os autores chegaram à conclusão de que a umidade das castanhas é um fator que pode favorecer a proliferação de fungos, inclusive produtores de aflatoxinas e que, por isso, obrigatoriamente as castanhas devem passar por um período de secagem após a coleta.

Caldas et. al., (2002), chegaram à conclusão de que contaminação de produtosalimentos pode ocorrer nas etapas de produção, processamento e distribuição.

Com isso, programas de monitoramento dos níveis de contaminação alimentar por micotoxinas são essenciais para estabelecer prioridades em ações de vigilância sanitária. E este fato foi corroborado nos estudos de Costa et. al., (2009), onde chegou-se à conclusão de que as maiores taxas de infecção de castanhas por aflatoxinas são observadas em produtos sem casca, pois a própria manipulação do produto, quase sempre sem os devidos cuidados na pós-colheita, pode explicar a maior infecção de castanhas descascadas.

Entre as castanhas diversas, a castanha-do-brasil é o produto que apresenta a maior incidência de aflatoxinas no Brasil (Costa, et. al., 2009) o que traz prejuízos não apenas no campo econômico, mas sobretudo, sanitário, tendo em vista que independente da comercialização, as famílias extrativistas consomem este alimento em grande escala e embora esta seja uma importante atividade de produção florestal não-madeireira, a cadeia produtiva da castanha-do-brasil tem sido ameaçada por entraves como as dificuldades para se adequar aos padrões tecnológicos exigidos pelos mercados importadores. Estas dificuldades são devidas justamente à ocorrência de aflatoxinas (do tipo B1, B2, G1 e G2) em toda a cadeia produtiva da castanha-do-brasil (Bittencourt, et. al., 2012).

Desde a década de 60 suspeitava-se da contribuição da aflatoxina B1 (AFB1) para o desenvolvimento de carcinoma hepatocelular humano, quando sua potente atividade como carcinógeno em muitas espécies de animais, como roedores, primatas e peixes, foi relatada. A AFB1 é a toxina fúngica com maior potencial tóxico e carcinogênico, sendo classificada, em 1993, pela International Agency for Research on Cancer (IARC) como carcinogênica para humanos, ou seja, genotóxico da classe I (IARC, 1993 citado por Bando, et. al., 2007).

Os estudos epidemiológicos têm demonstrado uma forte associação entre exposição à AFB1 e aumento da incidência de carcinoma hepatocelular. Essa associação levou à necessidade de técnicas mais precisas para evidenciar a exposição as aflatoxinas e o risco individual de desenvolvimento do câncer (Jackson, et. al., 1999, Makarananda, et. al., 1988 & Bando, et. al., 2007).

Importante destacar, que segundos dados do Instituto Nacional de Câncer (INCA), as estimativas para o Acre, em 2018, é de que o número de casos novos de câncer, segundo sexo seja de 540 para homens e 530 para mulheres a cada mil indivíduos.

A carcinogênese hepática representa o mais importante efeito de toxicidade crônica das aflatoxinas. Esta capacidade tem sido demonstrada extensivamente, sobretudo em relação à AFB1, em muitas espécies animais, incluindo peixes, aves, roedores, carnívoros e primatas. Nestes animais, a AFB1 induz à formação de carcinoma hepatocelular (CHC), mesmo quando ingerida em quantidades muito baixas, o que permite considerá-la como um dos mais potentes hepatocarcinógenos naturais. Embora o fígado seja o alvo primário, o desenvolvimento de tumores em outros órgãos, como pâncreas e intestino, tem sido observado em animais alimentados com rações contendo aflatoxinas. (Busby, Wogan, 1984 & Ferreira, et. al., 2006).

Já em Humanos et al., (1977), citaram que diversos autores reportaram à presença de aflatoxinas no soro e em biópsias de fígado de pacientes com câncer hepático. Entretanto a hipótese de que a ingestão de aflatoxinas constitui fator de risco para o CHC no homem é melhor amparada por evidências experimentais e epidemiológicas pois estas resultam de estudos efetuados em áreas geográficas onde a contaminação de alimentos por aflatoxinas e o CHC são frequentes. Na época, os autores citaram ainda que, com base nos estudos disponíveis, para a “International Agency for Research on Cancer” (IARC) existiam evidências suficientes para considerar a AFB1 como fator etiológico do câncer hepático em populações humanas.

É importante mencionar a escassez de estudos sobre o tema que sejam atualizados e/ou escritos em língua portuguesa. Foi possível observar ainda, que existe um maior número de artigos de revisão e poucos trabalhos experimentais que possam relacionar a contaminação por aflatoxinas com a ocorrência de câncer, embora este fato já tenha sido comprovado anteriormente, apontando que as atualizações sobre o assunto, na verdade, baseiam-se num grande recorte na literatura, com trabalhos variados, porém repetitivos, sobretudo no que tange as publicações em revistas e periódicos nacionais.

4. Conclusão

Este trabalho buscou revisar informações acerca da contaminação da castanha-do-brasil, quanto à presença por fungos produtores de aflatoxinas e seu potencial carcinogênico, enquanto alimento usualmente consumido no país, sobretudo na região norte, e exportado para o mundo inteiro.

As publicações disponíveis abordaram o processo de produção e armazenamento da castanha e como estas podem sofrer contaminação, além de apresentar resultados de pesquisas que comprovam a relação entre aflatoxinas produzidas por fungos e o câncer, sobretudo hepático, todavia a partir de trabalhos e experimentos realizados há bastante tempo.

O fato de a cadeia produtiva da castanha-do-brasil vir sendo ameaçada por entraves como as dificuldades para se adequar aos padrões tecnológicos exigidos pelos mercados importadores, justificaria, sem dúvida, sua maior atenção. É realidade que esse alimento se apresenta como um dos mais facilmente contaminados por fungos micotoxigênicos produtores de aflatoxinas, ratificando, mais uma vez, a necessidade de políticas públicas para aperfeiçoar a cadeia produtiva, com vistas ao oferecimento de um produto seguro do ponto de vista alimentar, tecnológico e comercial.

São básicos os cuidados necessários durante o processo de colheita, pós-colheita e, principalmente, armazenamento. Assim sendo, são necessárias atualizações e avanços em todos esses seguimentos, desde as técnicas extrativistas até os agravos gerados pela sua contaminação.

Discutir acerca da castanha-do-brasil serviu como alerta para o campo científico. Tornou-se desafiador gerar linha lógica de entendimento sobre causa e consequência levando-se em consideração que são tão poucas as publicações inéditas sobre o assunto, fato surpreendente em se tratando de um alimento tão rico nutricionalmente, reconhecido inclusive como patrimônio nacional e objeto de exportação para outros países.

Vale ressaltar, que a região amazônica possui várias reservas extrativista de difícil acesso, que compromete seu transporte e armazenamento. Isto dificulta seu consumo e seu potencial uso em produtos farmacológicos, além dos aspectos de segurança alimentar e nutricional, com possibilidades de pesquisas ainda pouco exploradas pelos pesquisadores, sendo sugestão para trabalhos futuros.

Referências

- Almeida, J. J. (2015). *Do extrativismo à domesticação: as possibilidades da castanha-do-pará*. Dissertação de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Álvares, V. S., Castro, I. M., Costa, D.A., Lima, A. C. & Madruga, A. L. S. (2012). Qualidade da castanha-do-brasil do comércio de Rio Branco, Acre. *Acta Amazônica*, 42(2), 269–274.
- Baggio, E. C. M. (2006). *Determinação de aflatoxina M1 em leite pasteurizado pelos métodos de CCD e CLAE utilizando coluna de imunoafinidade*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Bando, E., Gonçalves, L. N., Tamura, N. K., & Machinski, J. M. (2007). Biomarcadores para avaliação da exposição humana às micotoxinas. *J Bras Patol Med Lab*, 43(3), 175-180.
- Bayma, M. M. A. (2013). *Castanha-do-brasil: cadeia produtiva se destaca no agronegócio acreano*. Portal dia de campo. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1037575>> Último acesso em: 27 de janeiro de 2022.
- Bennet, J. W., & Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clin. Microbiol. Rev.* 16:497-516.
- Bittencourt, D., DIAS, J. A., & Alvares, V. S. (2012). *Micotoxinas em amêndoas da castanheira-do-brasil. 45º Congresso Brasileiro de Fitopatologia*, Manaus.
- Caldas, E. D., Silva, S. C., & Oliveira, J. N. (2002). Aflatoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana. *Rev Saúde Publ.*, 36(3), p. 319-323.
- Cardarel, H. R., & Oliveira, A. J. (2000). Conservação do leite de castanha-do-pará. *Scientia Agricola*, 57(4), 617-622.
- Costa, D. A. (2012). *Qualidade da castanha-do-brasil após o uso de secador de ar por convecção natural e armazém com ventilação*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Acre. Rio Branco.
- Costa, F. et al. (2009). Fungos associados à castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl) e ao amendoim (*Arachis hypogaea* L.) comercializados em Fortaleza(Ceará). *Revista Ciência Agronômica*, 40(3), julho-setembro, p. 455-460.
- Di Stadio, A., Ishai, R., Gambacorta, V., Korsch, F., Ricci, G., Della, V. A., & Bernitsas, E. (2020). Nutraceuticals as immune-stimulating therapy to fight COVID-19. Combination of elements to improve the efficacy. *European review for medical and pharmacological sciences*, 24(17), 9182–9187. https://doi.org/10.26355/eurrev_202009_22869.
- Domenico, A. S. D. et al. (2015). Análise de trilha da contaminação por aflatoxinas em grãos de milho armazenados. *Pesq. agropec. bras.*, 50(6), 441-449.
- Ferreira, H., Pittner, E., Sanches, H. F., & Monteiro, M. C (2006). Aflatoxinas: um risco a saúde humana e animal. *Ambiência*, vol. 2, n. 1.
- Freire, F. C. O., Vieira, I. G. P., Guedes, M. I. F., & Mendes, F. N. P. (2007). *Micotoxinas: importância na alimentação e na saúde humana e animal*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 48 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 110). Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/cd/jss/acervo/Dc_110.pdf> Último acesso em: 27 de janeiro de 2022.
- Grant, M. J, Booth, A. A. (2009). Typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Info Libr J.* 26(2):91-108.
- IBGE. (2013) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção da Extração vegetal e da Silvicultura – PEVS*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=o-que-e>> Último acesso em: 27 de dezembro de 2021.
- INCA. (2018). Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva. *Estimativas de neoplasias no Acre e Rio Branco no ano de 2018*. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2018/acre-rio-branco.asp>> Último acesso em: 27 de janeiro de 2022.
- Kato, C. G. et al. (2016). A presença de aflatoxinas na castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K): Uma revisão. *Revista Uningá Review*. Vol. 26, n. 2, pp. 35-40, abril- junho.
- Kurtzman, C. P., Horn, B. W., & Hesseltine, C. W. (1987) *Aspergillus nomius*, a new aflatoxin-producing species related to *Aspergillus flavus* and *Aspergillus tamarii*. *Antonie van Leeuwenhoek*, 53(3), 147-158.
- Leite, G. A. (2014). *Modelagem conceitual em biossensor para detecção de aflatoxina em castanha-do-Brasil*. [Dissertação] Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília.
- Londoño, E. M., & Martínez, M. M. (2017). Aflatoxinas em alimentos y exposición dietaria como factor de riesgo para el carcinoma hepatocelular. *Revista Biosalud*, 16(1):53-66
- MAPA. (2014). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Castanha-do-brasil: Boas práticas para extrativismo sustentável orgânico*. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-publicacoes-organicos/acaiweb_para_o_site-1.pdf/view> Último acesso em: 27 de janeiro de 2022.
- MAPA. (2017). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Pesquisa aponta queda de 70% na produção de castanha-da-amazônia*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26131296/pesquisa-aponta-queda-de-70-na-producao-de-castanha-da-amazonia>> Último acesso em: 27 de janeiro de 2021.
- Martins, L. et al. (2008). *Produção e Comercialização da Castanha do Brasil no estado do Acre - Brasil 1998-2006*. Rio Branco.
- Maziero, M. T., & Bersot, L. S. (2010). Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. *Rev Bras Prod Agroind*, 12(1), 89-99.

- Molin, R., & Valentini, M. L. (1999). *Simpósio sobre micotoxinas em grãos*. Fundação Cargil. p. 208.
- Moraes, A. J. G., Homma, A. K. O., Menezes, A. J. E. A., & Filgueiras, G. C. (2014). *Comercialização da castanha-do-pará (Bertholletia excelsa) nas feiras livres e nas ruas de Belém-PA. 52º congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural*. Goiânia.
- Myers, G. P., Newton, A. C., & Melgarejo, O. (2000). The influence of canopy gap size on natural regeneration of brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 127: 199-128. (in Portuguese, with abstract in English).
- Oliveira, G. S., et al., (2020). Exportações brasileiras de Castanha-do-pará (*bertholletia excelsa*, H. B. K), sob a ótica de concentração de mercado. *Universidade Federal do Paraná. BIOFIX Scientific Journal*, 5(1),. 07-17.
- Oliveira, J. N., & Oliveira A. V. (2013). Meneghello E.R. Análise Molecular de espécies de *Aspergillus* contaminantes de uvas vendidas no comércio de Maringá PR. *Iniciação Científica CESUMAR*, 15(2), 157-163, Jul/Dez.
- Peraica, M., Radic, B., Lucic, A., & Pavlovic, M. (2000). Efectos tóxicos de las micotoxinas en el ser humano. *Bol. OMS*. n.2.
- Pereira, K. C., & Santos, C. F. (2011). Micotoxinas e seu potencial carcinogênico. *Ensaio C*, 15(4), 147-165.
- Pereira, M. L. G., Carvalho, E. P., & Prado, G. (2002). Crescimento e produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. *B. Ceppa*. 20(1), 141-156.
- Rocha, E. R. S., Carvalho, A. P. S. de., Assis, L. S. de., Brito, M. de V., & SIMÕES, D. L. V. Avaliação da qualidade microbiológica da amêndoa da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) comercializada em feiras livres da Amazônia. *Research, Society and Development, [S. l.]*, v. 10, n. 1, p. e6510111285, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.11285. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11285>. Acesso em: 21 maio. 2021.
- Sacramento, T. R. (2016). *Importância da Contaminação de Alimentos por Aflatoxinas Para a Incidência de Câncer Hepático*. Faculdade de Tecnologia e Ciências - FTC. Itabuna.
- Silva, A. F. (2014). *Efeito das etapas de processamento sobre a qualidade de castanhas- do-Brasil (Bertholletia excelsa, H. B. K): avaliação da fração lipídica e contaminação por aflatoxinas*. Piracicaba.
- Silva, R. F., Ascheri, J. L. R., & Souza, J. M. L. (2010). Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de castanha-do-brasil. *Ciênc. Agrotec*.34(2),. Lavras, mar/abr
- Teixeira, A. S. (2008). *Adequação e apresentação de parâmetros de validação intra- laboratorial de um ensaio para a quantificação de aflatoxinas em castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa) através de cromatografia líquida de alta eficiência*. [Dissertação]. Seropédica: Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Tonini, H. (2007). *Castanheira-do-brasil: uma espécie chave na promoção do desenvolvimento com conservação*, Embrapa Roraima, Boa Vista.
- Venegas, A. C., Guerra, J. J. H., & Navas, M. C. (2014). Exposición a aflatoxina: um problema de salud pública. *Iatreia*, 27(1), Medellín jan/mar.
- Vianna, P. R. (1972). *Estudo da castanha-do-Brasil*. Brasília: Ministério da Agricultura, Comissão de Financiamento da Produção.