

## Determinação de Agrotóxicos e Ocratoxina A em Café Arábica sob Diferentes Níveis de Torrefação



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroindústria de Alimentos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
29**

**Determinação de Agrotóxicos e  
Ocratoxina A em Café Arábica sob  
Diferentes Níveis de Torrefação**

*Jeane Santos da Rosa  
Otniel Freitas-Silva  
Rodrigo da Silveira Campos  
Izabela Miranda de Castro  
Alessandra da Silva Teixeira*

**Embrapa Agroindústria de Alimentos**  
Rio de Janeiro, RJ  
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroindústria de Alimentos**

Avenida das Americas numero 29501 Guaratiba - CEP

23020-470, Rio de Janeiro , RJ

Fone: +55 (21) 3622-9600

Fax: +55 (21) 3622-9713

[www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos](http://www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos)

[embrapa.br/fale-conosco/sac](http://embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*Virginia Martins da Matta*

Membros

*André Luis do Nascimento Gomes, Celma  
Rivanda Machado de Araujo, Daniela De  
Grandi Castro Freitas de Sá, Elizabete Alves  
de Almeida Soares, Janine Passos Lima da  
Silva, Leda Maria Fortes Gottschalk, Marcos de  
Oliveira Moulin, Otniel Freitas Silva e Rogério  
Germani*

Supervisão editorial

*Virginia Martins da Matta*

Revisão de texto

*Regina Celi Araujo Lago*

Normalização bibliográfica

*Elizabete Alves de Almeida Soares*

Tratamento das ilustrações

*André Luis do Nascimento Gomes*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*André Luis do Nascimento Gomes*

Fotos da capa

*Jeane Santos da Rosa*

**1ª edição**

Publicação digitalizada (2019)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agroindústria de Alimentos

---

Determinação de Agrotóxicos e Ocratoxina A em Café Arábica sob Diferentes Níveis  
de Torrefação. / Jeane Santos da Rosa... [et al.]. – Rio de Janeiro : Embrapa  
Agroindústria de Alimentos, 2019.

18 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agroindústria de  
Alimentos, ISSN 0101-630X ; 29).

1. Micotoxinas. 2. Contaminantes. 3. Agroquímicos. 4. Coffea Arábica. I. Rosa,  
Jeane Santos da. II. Freitas-Silva, Otniel. III. Campos, Rodrigo da Silva. IV. Castro,  
Izabela Miranda de. V. Teixeira, Alessandra da Silva. VI. Série.

CDD 633.73 (23. ed.)

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos .....	9
Resultados e Discussão .....	10
Conclusões.....	15
Referências .....	16

# Determinação de Agrotóxicos e Ocratoxina A em Café Arábica sob Diferentes Níveis de Torrefação

Jeane Santos da Rosa<sup>1</sup>

Otniel Freitas-Silva<sup>2</sup>

Rodrigo da Silveira Campos<sup>3</sup>

Izabela Miranda de Castro<sup>4</sup>

Alessandra da Silva Teixeira<sup>5</sup>

**Resumo** – O café é a segunda maior *commodity* do mundo e tamanha importância faz do café uma matriz alimentar muito estudada. A necessidade de incremento na produtividade dessa cultura, porém, pode aumentar o uso de alguns agrotóxicos em sistemas de produção de café. Da mesma forma, as práticas de colheita e processamento pós-colheita do café estão diretamente relacionadas à contaminação dos grãos por fungos micotoxigênicos. Rastrear a presença destes dois tipos de contaminantes em amostras de café Arábica comum (com diferentes teores de grãos defeituosos) e submetidos a diferentes níveis de torra foi o objetivo deste trabalho. Os agrotóxicos foram analisados pelo método multirresíduo, por espectrometria de massas sequencial, e a ocratoxina A, por cromatografia líquida de alta eficiência com detetor de fluorescência e preparação de amostra por imunoafinidade. O estudo revelou a presença de três resíduos de agrotóxicos em seis das amostras analisadas: o flutriafol, imidacloprid e diazinon, encontrados apenas até à torra média. Os níveis encontrados variaram de 0,02 a 0,01 mg/kg. Com respeito à ocratoxina A, os níveis encontrados foram de 0,8 a 0,01 mg/kg. Nenhum dos contaminantes encontrados excedeu o Limite Máximo de Resíduo da União Europeia para café torrado.

**Termos para indexação:** micotoxinas, contaminantes, agroquímicos, *Coffea arabica*.

---

<sup>1</sup> Química, doutora em Ciência de Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, doutor em Engenharia Química e Biológica, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>4</sup> Química, doutora em Geoquímica Orgânica Molecular, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>5</sup> Engenheira de Alimentos, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, técnica da Embrapa Agroindústria de Alimentos Rio de Janeiro, RJ.

## Determination of Agrochemicals and Ochratoxin A in Arabica Coffee under Different Levels of Roasting

**Abstract** – Coffee is the second largest commodity in the world, and such importance makes it a well-studied food matrix. This situation, however, may increase the use of some pesticides in coffee production systems to improve crop productivity. Likewise, the harvest and post-harvest processing practices of coffee are directly related to the contamination of the grains by mycotoxigenic fungi. The objective of this work was to track the presence of these two types of contaminants in samples of common Arabica coffee (with different levels of defective grains) submitted to different roast levels. The pesticides were analyzed by a multiresidue method with tandem mass spectrometry and ochratoxin A by high performance liquid chromatography with fluorescence detector and sample preparation with immunoaffinity. The study revealed the presence of three pesticide residues in six of the analyzed samples: i) flutriafol ii) imidacloprid and iii) diazinon were found only up to the medium roast. The levels found ranged from 0.02 to 0.01 mg/kg. With respect to ochratoxin A the levels found were 0.8 to 0.01 mg/kg. None of the contaminants found exceeded the European Union Maximum Residue Limit for roasted coffee.

**Index terms:** mycotoxins, contaminants, pesticides, *Coffea arabica*.

## Introdução

---

O café é a maior commodity agrícola do mundo e o segundo produto comercial, ficando apenas atrás do petróleo. Sendo a cafeína considerada um contaminante antropogênico da água, é possível também entender como o café pode até unir o mundo em termos de bebida preferida. De fato, o café afeta a saúde mundial na mesma forma imponente que a economia, cultura e vida social. Não apenas como bebida energética, mas com crescente tendência de funcionalidade (Liu; Kitts, 2011; Spence, 2015).

Grãos considerados defeituosos no café diminuem seu valor comercial, produzem notas tipo *off-flavor* e são os maiores responsáveis pela depreciação da bebida de café após a torra. Os grãos defeituosos que mais contribuem para a alteração indesejada no sabor e aroma do café são os chamados PVA (pretos, verdes e ardidos). Os grãos pretos e ardidos indicam contaminação microbiológica, muitos são oriundos de frutos que passaram do grau de maturação e sofreram ataques de microrganismos ou mesmo dos cafés chamados de varrição que se encontram no solo (Mendonça et al., 2008; Rosa et al., 2012).

O processo de torrefação do café desencadeia uma série de reações no grão, produzindo centenas de substâncias aromáticas e outros subprodutos, além de mudanças físicas na estrutura dos grãos. O papel dos contaminantes nesse processo ainda não está claro. Mesmo porque as possíveis interações (sinérgicas e/ou antagonistas) do contaminante com a matriz ou mesmo entre si e até a biodisponibilidade do próprio contaminante ainda estão sendo objeto de recentes estudos. Assim, monitorar os Limites Máximos de Resíduos (LMR) dos contaminantes usuais continua sendo a solução para estabelecer um valor padronizado e seguro de ingestão dessas substâncias (Alvito, 2016).

Um agrotóxico pode ser definido como uma substância química usada para matar insetos nocivos, pequenos animais, plantas silvestres e outros organismos indesejáveis. Na verdade, agrotóxico é um termo genérico para um número extenso de tipos de substâncias químicas que podem funcionar como inseticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, algicidas, moluscicida, nematocidas, piscicidas, avicidas, rodenticidas e, até mesmo, reguladores de crescimento de plantas e insetos (Aktar et al., 2009).

Diferentes agrotóxicos podem ser utilizados no cafeeiro, pois a longa permanência desta planta no campo, sofrendo alterações nas condições ambientais, torna a cultura suscetível a ataques de fungos, insetos, plantas daninhas e nematóides (Dias et al., 2013). Como exemplo, a ferrugem da folha do cafeeiro é a doença mais prejudicial à cultura do café. O fungo causa lesões na folha, reduzindo sua área fotossintética, causando desfolhamento e comprometendo a produtividade do cafezal (Paiva; Matiello, 2007). Outra praga de importância econômica que ataca o fruto e semente do café é a broca. As larvas de um besouro (*Hypothenemus hampei*) crescem dentro do fruto e se alimentam do conteúdo de sementes (Aristizábal et al., 2016) e podem servir de abertura natural para contaminação por fungos produtores de micotoxinas.

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos naturalmente por fungos filamentosos e representam várias substâncias diferentes. Encontradas como contaminantes de alimentos em todo o mundo, além de vários efeitos deletérios na saúde humana e animal, algumas micotoxinas são classificadas pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) como carcinogênicas para humanos ou como potencialmente carcinogênicas para humanos (International..., 2014). As micotoxinas também podem causar enormes perdas econômicas derivadas da contaminação da produção agrícola mundial (Fernández-Cruz et al., 2010; Rocha et al., 2014).

A presença de fungos toxigênicos em grãos de café já foi descrita exaustivamente (Bokhari; Aly, 2009). Mas as diferentes etapas do processo de produção de café (secagem, fermentação, torrefação e embalagem e preparo da bebida) afetam a concentração de micotoxinas no produto final. A principal delas é a ocratoxina A (OTA) - (Figura 1) cujos fungos produtores são *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.* A OTA é considerada nefrotóxica e potencialmente cancerígena pela OMS (Paterson et al., 2014).

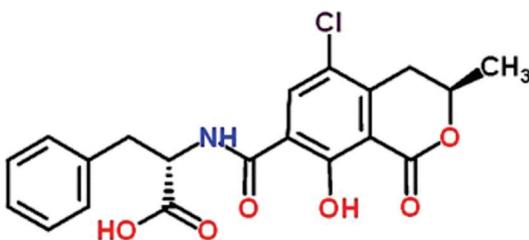


Figura 1. Estrutura química da ocratoxina A.

No caso dos produtos de café, a ocratoxina A (OTA) é a única micotoxina regulamentada e tem Limites Máximos (LMs) de 5 µg/kg (ppb) em grãos de café torrados e moídos e 10 µg/kg em café solúvel (European Communities, 2006).

Quanto aos métodos analíticos disponíveis, o uso de técnicas tipo *press button* tais como ionização direta em espectrometria de massas (MS), métodos diluição-injeção e abordagem de múltiplos resíduos (multirresíduos) estão crescendo nos meios analíticos, uma vez que uma resposta rápida, e confiável, é cada vez mais necessária. A extração QuEChERS (Rápida, Fácil, Barata, Eficaz, Robusta e Segura), no entanto, ainda é o principal motor de extração para matriz alimentar complexa (principalmente alto teor de gordura/alto teor de carboidrato). A extração por imunoafinidade também é uma ferramenta importante para evitar a interferência de matrizes complexas como é o caso do café torrado (Pittet et al., 1996; Rejczak; Tuzimski, 2015).

O objetivo deste trabalho foi quantificar um grupo de agrotóxicos e ocratoxina A em três amostras de café arábica sob diferentes níveis de torra a fim de verificar o grau de degradação destas substâncias em função deste tipo de processamento em um café considerado de baixo valor comercial com presença importante de grãos defeituosos.

## Material e Métodos

---

Três lotes de grãos de café verde com cinco quilos cada uma foram doados pela cooperativa Minas Sul (Varginha, MG). As amostras eram cafés de média e alta altitude (800 a 1400 m), todos *Coffea arabica* L., *blends* das cultivares Mundo Novo, Catuai e Bourbon da safra 2011 e possuíam três graus de qualidade diferentes: alta catação (50% de grãos defeituosos), média catação (15% de grãos defeituosos) e baixa catação (9% de grãos defeituosos). Os grãos foram, então, torrados em equipamento semi-industrial na empresa Grão-Mestre Café (filial à ABIC) obtendo-se grãos de cor clara, média, escura e muito escura.

Os três lotes foram agrupadas segundo a ordem crescente de grãos defeituosos (9%, 15% e 50%) e de acordo com o tipo de torra. Assim, cada um dos lotes foi analisado como grãos não torrados (café verde - V) e torrados em gradientes (claro - C; médio - M; escuro - E; muito escuro - ME), gerando um

total de 15 amostras. Uma amostra composta por 100% de grãos defeituosos e não torrados (amostra 1V) foi incluída no estudo.

Os agrotóxicos foram identificados e quantificados por métodos multirresíduo via Cromatografia Líquida de alta eficiência e espectrometria de massas de alta resolução (LC-HRMS) e também cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa em *sequência* (CG-MS/MS), com extração por QuEChERS segundo Lehotay et al. (2010). Estas análises foram realizadas no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP).

A OTA foi quantificada por um método que utiliza um cromatógrafo líquido de alta eficiência acoplado a um detector de fluorescência (HPLC-FLD, Shimadzu, Kioto, Japão), desenvolvido na Embrapa Agroindústria de Alimentos, com preparação de amostra via coluna de imunoafinidade. A fase móvel consistiu de água (29%): ACN (35%): MEOH (35%): ácido acético (1%) em uma vazão de 1mL/min. Foi usada uma coluna: X Terra® RP18, 5 µm, 4,6x250 mm e detector de fluorescência com excitação a 333 nm e emissão a 476 nm.

## Resultados e Discussão

---

No presente estudo, foi detectada a presença de três resíduos diferentes de agrotóxicos em seis das 16 amostras analisadas, embora o método multirresíduos utilizado seja capaz de detectar e quantificar cerca de 300 agrotóxicos: i) flutriafol (1-(2-fluorofenil)-1-(4-fluorofenil)-2-(1,2,4-triazol-1-il) etanol) foi encontrado em duas amostras de grãos verdes; ii) imidacloprid (N-[1-[(6-cloropiridin-3-il)metil]-4,5-dihidroimidazol-2-il]nitramida) e iii) diazinon (dietoxi-(6-metil-2-propan-2-ilpirimidina-4-il)oxi-sulfanilideno-5-fosfano), foram encontrados apenas até à terra média. É importante considerar que as moléculas de agrotóxicos precisam enfrentar um processo de pirólise de, aproximadamente, 200-350 °C durante a torra, por isso os níveis baixos encontrados (Motarjemi; Lelieveld, 2013). O processo de torrefação é uma combinação de temperatura e tempo e, geralmente, uma torra rigorosa para produzir grãos muito escuros está acima de 300 °C (Sakamoto et al. 2012).

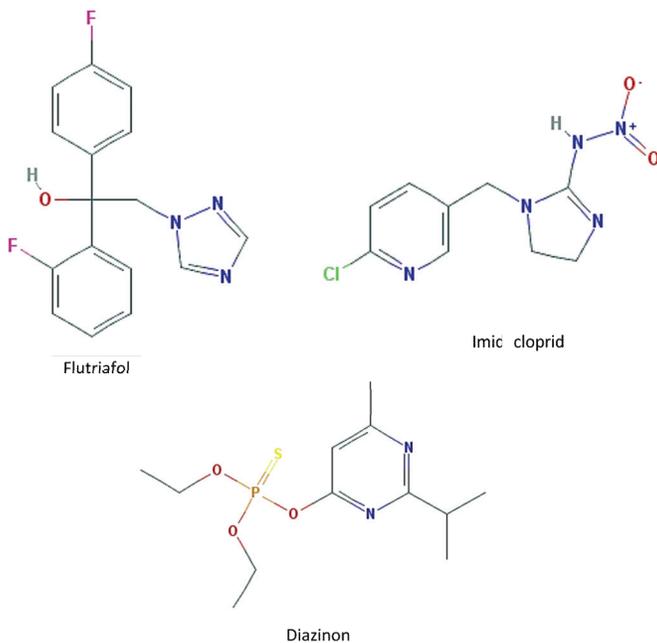
Na Tabela 1, apresentam-se os níveis encontrados em cada amostra. As estruturas químicas dos agrotóxicos detectados são mostradas na Figura 2. O flutriafol é um fungicida sistêmico da classe dos triazóis utilizados para controlar a ferrugem da folha do cafeeiro. Diazinon é um inseticida

não sistêmico, organofosforado, usado no controle da broca do café. O imidacloprid, no entanto, é um inseticida sistêmico neonicotinóide (derivado da nicotina). É o agrotóxico mais utilizado no mundo e tem sido associado ao esgotamento da população de abelhas em todo o planeta. Entretanto, nenhum dos resíduos de agrotóxicos detectados excedeu os Limites Máximos de Resíduos (LMR) da União Europeia (UE) para grãos de café que são 0,15 mg/kg, 1,0 mg/kg e 0,05 mg/kg, respectivamente. Desta forma é possível afirmar que os níveis de agrotóxicos encontrados nestas amostras, mesmo se tratando de cafés contendo grãos defeituosos, são seguros para a saúde (Kaemmerer; Buntenkötter, 2013; Paiva; Matiello, 2007; Simon-Delso et al., 2015; Waller et al., 2007).

**Tabela 1.** Níveis dos agrotóxicos encontrados por amostra/torra.

<b>Amostra</b>	<b>Grãos defeituosos (%)</b>	<b>Pesticida</b>	<b>Nível encontrado (mg/kg ou ppm)</b>
Amostra 1V	100	Flutriafol	0,018
Amostra 2V	9	Nd	Nd
Amostra 3V	15	Nd	Nd
Amostra 4V	50	Flutriafol	0,010
Amostra 5C	9	Imidacloprid	0,018
Amostra 6C	15	Imidacloprid	0,019
Amostra 7C	50	Imidacloprid	0,018
Amostra 8M	9	Nd	Nd
Amostra 9M	15	Diazinon	0,012
		Imidacloprid	0,011
Amostra 10M	50	Nd	Nd
Amostra 11E	9	Nd	Nd
Amostra 12E	15	Nd	Nd
Amostra 13E	50	Nd	Nd
Amostra 14ME	9	Nd	Nd
Amostra 15ME	15	Nd	Nd
Amostra 16ME	50	Nd	Nd

Nd = não detectado. Onde: V= verde; C= torra clara; M= torra média; E= torra escura e ME= torra muito escura.



**Figura 2.** Estruturas químicas dos três agrotóxicos encontrados nas amostras de café estudadas.

A distribuição de um contaminante exógeno na matriz alimentar não pode ser considerada uniforme ou homogênea, apesar das repetições amostrais. No caso do café, um agrotóxico não sistêmico precisaria atravessar todo o tecido do pericarpo, incluindo a mucilagem (uma camada viscosa de polissacarídeos) até alcançar a semente. Já os agrotóxicos sistêmicos encontrados precisariam ser estáveis a temperaturas de até 350 °C da torra. A presença de grãos defeituosos (imaturos, brocados, fermentados, mofados, pretos, quebrados, entre outros) também afeta a estrutura física do grão, alterando sua densidade, textura, estrutura interna e produzindo perda de massa. Estas alterações indesejáveis podem afetar também os níveis de contaminantes e sua distribuição na matriz do café que, por si só, já não é uniforme. O tipo de preparo da bebida de café também deve ser levado em consideração (Barragán-Huerta et al., 2007; Mekonem, et al., 2015).

Em relação à ocratoxina A (Tabela 2), o método possui limite de detecção de 0,073 µg/kg e limite de quantificação de 0,243 µg/kg. A Figura 3 (A) mostra um cromatograma obtido para a amostra 9M (15% de grãos defeituosos e torra

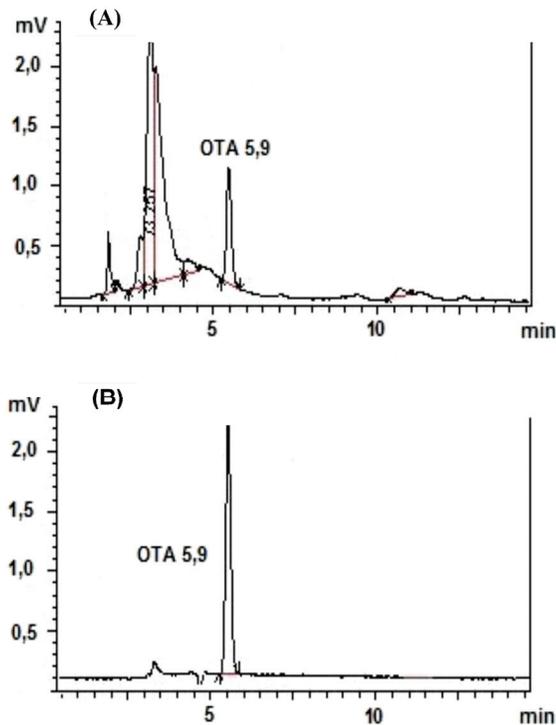
média) e a Figura 3 (B) mostra um cromatograma de um padrão referente a um ponto da curva de calibração na concentração de 5,0542 µg/L. Em ambas as Figuras é possível observar uma boa separação cromatográfica e níveis de sinal adequados para as baixas concentrações estudadas.

A OTA foi encontrada em todos os níveis de torra, porém em concentrações abaixo de 1 µg/kg. Não foi possível estabelecer uma relação entre teores de OTA e o grau de torra e/ou níveis de defeitos, provavelmente devido aos baixos teores encontrados. Vale ressaltar que dados de literatura relatam diminuição dos teores deste contaminante na ordem de até 90% em torras escuras (Castellanos-Osório et al., 2012). Já o Limite Máximo de Resíduos de OTA da União Europeia para café torrado é de 5 µg/kg (Oliveira et al., 2013; Ferraz et al., 2010). Em sete das 15 amostras analisadas não foi detectada a presença de OTA.

**Tabela 2.** Níveis de ocratoxina A encontrados por amostra/torra.

Amostra	Grãos defeituosos (%)	Nível de OTA (µg/kg)
Amostra 1V	100	Nr
Amostra 2V	9	Nd
Amostra 3V	15	0,27
Amostra 4V	50	0,58
Amostra 5C	9	0,67
Amostra 6C	15	Nd
Amostra 7C	50	Nd
Amostra 8M	9	0,68
Amostra 9M	15	0,39
Amostra 10M	50	Nd
Amostra 11E	9	Nd
Amostra 12E	15	0,35
Amostra 13E	50	Nd
Amostra 14ME	9	0,30
Amostra 15ME	15	0,79
Amostra 16ME	50	Nd

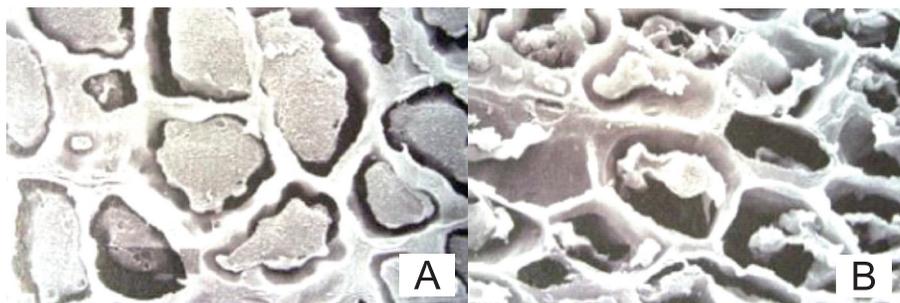
Nd=não detetado. Nr=não realizado. V= verde; C= torra clara; M= torra média; E= torra escura e ME= torra muito escura.



**Figura 3.** (A): Cromatograma de amostra torra média com 15% de grãos defeituosos. (B): Cromatograma de padrão de ocratoxina A referente a um ponto da curva de calibração (5,0542  $\mu\text{g/L}$ ).

Os dados tabelados permitem verificar que não foi possível associar níveis de contaminação com maior número de defeitos dos grãos. De fato, a literatura relata, de forma contraditória, a influência da qualidade dos grãos em relação à presença de OTA. Alguns estudos consideram maior probabilidade de contaminação com grãos defeituosos presentes na amostra (Rai; Bridge, 2009; Campos et al., 2009). Já outros consideram que estes dois fatores não estejam relacionados (Romani et. al., 2003). Neste estudo, mesmo em amostras não torradas com 50% de grãos defeituosos os níveis de OTA encontrados ainda foram considerados baixos. O maior teor encontrado, mesmo assim abaixo de 1  $\mu\text{g/kg}$ , foi para uma amostra com nível médio de defeitos.

Além da distribuição da contaminação em si não ser homogênea, outros estudos apontam que a diminuição do conteúdo celular dos grãos defeituosos pode explicar o fato de que os níveis encontrados de OTA não foram coerentes com o percentual de defeitos nas amostras. A imagem cedida pela empresa Sweet Maria's, especializada em torra de café (Figura 4) mostra duas imagens de grãos de café por microscopia eletrônica, sendo (A) a imagem do grão de café maduro e sem ataque de microrganismos; e (B) a estrutura celular danificada do grão defeituoso (imaturo ou que sofreu ataque microbiológico). Os grãos imperfeitos ainda não possuem este conteúdo celular completo ou perderam-no através de ataque de microrganismos. Segundo Franca et al. (2005), essa distribuição desigual de massa pode produzir uma resposta também desigual nos teores dos contaminantes encontrados em relação ao tipo de grão.



**Figura 4.** Comparação do conteúdo celular de grãos de café. A - grão saudável, B - grão defeituoso.

Fonte: Imagem cedida por Sweet Maria's Home Coffee Roasting.

## Conclusões

Foram encontrados níveis baixos de agrotóxicos nas amostras de café analisadas neste estudo. Além disso, foi observada ausência dos mesmos nas torras mais escuras, o que indica que estes foram degradados devido à ação da temperatura. Os níveis de ocratoxina A não apresentaram relação com o grau de torra e também níveis de defeitos, provavelmente devido a questões de distribuição não homogênea destes contaminantes nas amostras.

Ressalta-se, ainda, que os níveis dos contaminantes encontrados estavam muito abaixo do limite máximo estabelecido pela União Europeia, mostrando que o café estudado é apropriado para consumo, apesar do nível de defeitos relativamente alto nas amostras, ou seja, trata-se de bebida dura e de qualidade inferior, mas apropriada para consumo em termos dos contaminantes estudados. Além disso, o modo de preparo do café (filtrado ou expresso) também deve ser considerado ao se avaliar o nível de extração destas substâncias na bebida.

## Referências

---

- AKTAR, W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary toxicology**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2009.
- ARISTIZÁBAL, L. F.; BUSTILLO, A. E.; ARTHURS, S. P. Integrated pest management of coffee berry borer: strategies from Latin America that could be useful for coffee farmers in Hawaii. **Insects**, v.7, n. 1, p. 1-24, 2016.
- ALVITO, P.; ASSUNÇÃO, R.; LOURO, H.; SILVA, M. J.; VASCO, E. (Ed.). **Food contaminants and human health: challenges in chemical mixtures**. Lisboa: National Institute of Health Doutor Ricardo Jorge, 2016. 136 p.
- BARRAGÁN-HUERTA, B. E.; COSTA-PÉREZ, C.; PERALTA-CRUZ, J.; BARRERA-CORTÉS, J.; ESPARZA-GARCÍA, F.; RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, R. Biodegradation of organochlorine pesticides by bacteria grown in microniches of the porous structure of green bean coffee. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 59, n. 3, p. 239-244, 2007.
- BOKHARI, F. M.; ALY, M. M. Evolution of traditional means of roasting and mycotoxins contaminated coffee beans in Saudi Arabia. **Advances in Biological Research**, v. 3, n. 3-4, p. 71-78, 2009.
- CAMPOS, R. DA SILVEIRA; FREITAS-SILVA, O.; CUNHA, F. Q. D.; SOUZA, M. D. L. M. D.; FREITAS, S. C. D. Fungos micotoxigênicos e ocratoxina A em cafés com permanência prolongada na planta e no solo, colhidos nas regiões do cerrado mineiro e baiano. **Coffee Science**, v. 4, n. 2, p. 136-148, 2009.
- CASTELLANOS-ONORIO, O.; DURAND, N.; GONZALEZ-RIOS, O.; FONTANA, A.; SCHORR-GALINDO, S.; SUÁREZ-QUIROZ, M. Thermal stability study of ochratoxin A during roasting coffee (*Coffea Arabica*). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 24., 2012, San José, Costa Rica. **Proceedings...**Paris: ASIC, 2012. p. 380-384.
- DIAS, C. M.; OLIVEIRA, F. A.; MADUREIRA, F. D.; SILVA, G.; SOUZA, W. R.; CARDEAL, Z. L. Multi-residue method for the analysis of pesticides in Arabica coffee using liquid chromatography/tandem mass spectrometry. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 30, p. 1308-1315, 2013.
- EUROPEAN COMMUNITIES. Commission Regulation (EC) n° 1881 of 19 december 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. **Official Journal of the European Union**, v. 364, p. 5-24, 2006.

FERNÁNDEZ-CRUZ, M. L.; MANSILLA, M. L.; TADEO, J. L. Mycotoxins in fruits and their processed products: Analysis, occurrence and health implications. **Journal of Advanced Research**, v. 1, n. 2, p. 113-122, 2010.

FERRAZ, M. B.; FARAH, A.; IAMANAKA, B. T.; PERRONE, D.; COPETTI, M. V.; MARQUES, V. X.; TANIWAKI, M. H. Kinetics of ochratoxin A destruction during coffee roasting. **Food Control**, v. 21, n. 6, p. 872-877, 2010.

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; MENDONÇA, J. C.; SILVA, X. A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1-2, p. 89-94, 2005.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH IN CANCER (IARC). Agents Classified by the IARC Monographs. v. 1-111, 2014. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

KAEMMERER, K.; BUNTENKÖTTER, S. **Residue Reviews: Residues of Pesticides and Other Contaminants in the Total Environment**. New York: Springer, 2013. 252 p.

LIU, Y.; KITTS, D. D. Confirmation that the Maillard reaction is the principle contributor to the antioxidant capacity of coffee brews. **Food Research International**, v. 44, n. 8, p. 2418-2424, 2011.

LEHOTAY, S. J.; SON, K. A.; KWON, H.; KOESUKWIWAT, U.; FU, W.; MASTOVSKA, K.; LEEPIPATIBOON, N. Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables. **Journal of Chromatography A**, v. 1217, n. 16, p. 2548-2560, 2010.

MEKONEM, S.; AMBELU, A.; SPANOGHE, P. Effect of household coffee processing on pesticide residues as a means of ensuring consumers' safety. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 38, p. 8568-8573, 2015.

MENDONÇA, J. C.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; NUNES, M. Chemical characterisation of non-defective and defective green arabica and robusta coffees by electrospray ionization-mass spectrometry (ESI-MS). **Food chemistry**, v. 111, n. 2, p. 490-497, 2008.

MOTARJEMI, Y.; LELIEVELD, H.. **Food safety management: a practical guide for the food industry**. Amsterdam: Academic Press, 2013. 1192 p.

OLIVEIRA, G.; SILVA, D. M. DA; PEREIRA, R. G. F. A.; PAIVA, L. C.; PRADO, G.; BATISTA, L. R. Effect of different roasting levels and particle sizes on ochratoxin A concentration in coffee beans. **Food Control**, v. 34, n. 2, p. 651-656, 2013.

PAIVA, R. N.; MATIELLO, J. B. Controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro com triazóis e estrobilurinas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia: Consórcio Pesquisa Café**, 2007. 3. p.

PATERSON, R. R. M.; LIMA, N.; TANIWAKI, M. H. Coffee, mycotoxins and climate change. **Food research international**, v. 61, p. 1-15, 2014.

PITTET, A.; TORNARE, D.; HUGGETT, A.; VIANI, R. Liquid chromatographic determination of ochratoxin A in pure and adulterated soluble coffee using an immunoaffinity column cleanup procedure. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 44, n. 11, p. 3564-3569, 1996.

RAI, M.; BRIDGE, P. D. (Ed.). **Applied mycology**. Oxon: CABI, 2009. 318 p.

REJCZAK, T.; TUZIMSKI, T. A review of recent developments and trends in the QuEChERS sample preparation approach. **Open Chemistry**, v. 13, n. 1, p. 980-1010, 2015.

ROMANI, S.; PINNAVAIA, G. G.; DALLA ROSA, M. Influence of roasting levels on ochratoxin A content in coffee. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 17, p. 5168-5171, 2003.

ROCHA, M. E. B.; FREIRE, F. D. C. O.; MAIA, F. E. F.; GUEDES, M. I. F.; RONDINA, D. Mycotoxins and their effects on human and animal health. **Food Control**. v. 36, n.1, p. 159-165, 2014.

ROSA, J. S. DA; FREITAS-SILVA, O.; PACHECO, S.; GODOY, R. L. DE O.; REZENDE, C. M. DE. LC-MS based screening and targeted profiling methods for complex plant: coffee a case study. **Current Drug Metabolism**, v. 13, n. 9, p. 1244-1250, 2012.

SAKAMOTO, K.; NISHIZAWA, H.; MANABE N. Behavior of pesticides in coffee beans during the roasting process. **Journal of the Food Hygienic Society of Japan**. v. 53, p. 233-236, 2012.

SIMON-DELISO, N.; AMARAL-ROGERS, V.; BELZUNCES, L. P.; BONMATIN, J.; CHAGNON, M.; DOWNS, C.; FURLAN, L.; GIBBONS, D. W.; GIORIO, C.; GIROLAMI, V. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 5-34, 2015.

SPENCE, P. L. Using Caffeine as a Water Quality Indicator in the Ambient Monitoring Program for Third Fork Creek Watershed, Durham, North Carolina. **Environmental Health Insights**, v. 25, n. 9, p. 29-34, 2015.

WALLER, J. M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R. J. **Coffee pests, diseases and their management**. Oxfordshire: CABI Head Office, 2007. 434 p.



---

*Agroindústria de Alimentos*