



AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAs) EM TRIGO PARA QUIBE

Simone Alves da Silva^{1*}, Adriana Palma de Almeida¹, Olga Maria da Silva Viegas², Glória Maria Guizellini³, Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres³, Geni Rodrigues Sampaio³

¹Núcleo de Contaminantes Orgânicos, Centro de Contaminantes, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brasil (simone.silva@ial.sp.gov.br)

²LAQV/REQUIMTE, Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto, Porto, Portugal

³Departamento de Nutrição, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

Resumo: Os HPAs são contaminantes orgânicos, alguns classificados como carcinogênicos para humanos como o benzo[a]pireno. Este estudo teve como objetivo investigar a presença de quatro HPAs em trigo para quibe. O método incluiu etapas de extração, purificação em cartucho SPE e quantificação por HPLC-FL. Na avaliação de 15 amostras comerciais, duas apresentaram resultados insatisfatórios para a soma dos 4 HPAs, reforçando a necessidade monitoramento contínuo desses produtos.

Palavras-chave: benzo[a]pireno; cromatografia líquida; contaminantes químicos

INTRODUÇÃO

O trigo representa um alimento de alto valor nutricional, considerado uma importante fonte de carboidratos, fibras alimentares, minerais (ferro e zinco) e antioxidantes, desempenhando papel relevante na alimentação humana (Alomari et al., 2023; Islam et al., 2024; Sheera et al., 2025).

O trigo para quibe é obtido a partir de grãos de trigo duro (*Triticum durum*) e seu processamento envolve diferentes etapas. Inicialmente, os grãos passam por operações de limpeza e seleção, seguidos por hidratação e tratamento térmico (cozimento em água ou vaporização) para a gelatinização parcial do amido e inativação enzimática. Posteriormente, os grãos são submetidos à secagem sob condições controladas de umidade e temperatura, sendo então triturados e peneirados para obtenção da granulometria característica do trigo para quibe (Pomeranz, 1988; Kent e Evers, 1994; FAO, 2011).

Durante o processamento do trigo, pode ocorrer a contaminação por hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs), compostos orgânicos caracterizados pela presença de dois ou mais anéis aromáticos condensados em sua estrutura (Sampaio et al., 2021). Alguns HPAs apresentam relevância toxicológica devido ao potencial carcinogênico: o benzo[a]pireno (BaP) é classificado no grupo 1, como carcinogênico para humanos, enquanto o benzo[a]antraceno (BaA), o criseno (Cri) e o benzo[b]fluoranteno (BbF) são classificados no

grupo 2B, considerados possíveis carcinogênicos (IARC, 2010, 2012).

Em cereais, a presença de HPAs pode estar associada à exposição ambiental, às práticas agrícolas, a condições inadequadas de secagem e armazenamento ou ainda às etapas de processamento que envolva aquecimento intenso (Sampaio et al., 2021).

Em função dos riscos associados à saúde, a Comunidade Europeia estabeleceu limites máximos permitidos para HPAs em alimentos, para BaP e para a soma de quatro HPAs prioritários (BaA, Cri, BbF e BaP), conforme o Regulamento nº 835/2011 da Comunidade Europeia. Para alimentos à base de cereais, o limite é de 1,0 µg/kg para o BaP e 4 HPAs (CEC, 2011).

Do ponto de vista da segurança alimentar, a avaliação de HPAs em trigo para quibe é considerada relevante, levando em consideração o amplo consumo desse produto e sua utilização em diversas preparações submetidas a diferentes processos térmicos, como assar e fritar. Nesse contexto, o monitoramento desses contaminantes é essencial para o atendimento às exigências regulatórias e para o fortalecimento de estratégias de controle que garantam a qualidade e a inocuidade do produto.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência dos quatro HPAs prioritários em amostras comerciais de trigo para quibe.

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento de extração dos HPAs foi fundamentado na metodologia descrita por Rascón, Azzouz e Ballesteros (2018) com modificações da etapa de purificação conforme Silva et al. (2024).

Em 1,0 g de amostra foram adicionados 5 mL de água deionizada e 10 mL de n-hexano. A mistura foi agitada por 3 min em vórtex, e 5 min em ultrassom, em seguida centrifugada por 3 min (3000 rpm), e a fração orgânica foi filtrada em sulfato de sódio e reservada. O processo de extração foi repetido por mais duas vezes, utilizando 5 mL de n-hexano. Todo extrato orgânico foi concentrado até secar, e o resíduo ressuspensionado em 3 mL de acetonitrila (MeCN), sendo então encaminhado para a etapa de purificação.

Na etapa de purificação, foram utilizados cartuchos de extração em fase sólida de sílica (500 mg, 6 mL; Discovery DSC-Si, Supelco), previamente condicionados com 3 mL de acetonitrila. Em seguida, 3 mL do extrato da amostra foram adicionados aos cartuchos, seguidos de lavagem com 3 mL de acetonitrila. O eluato total foi coletado e submetido à evaporação total, redissolvido em 1 mL de acetonitrila e transferido para vials apropriados para análise cromatográfica.

A quantificação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detecção por fluorescência (FL), segundo descrito em Guizellini et al. (2023). As análises foram conduzidas em um equipamento marca Shimadzu, fase móvel composta por acetonitrila e água, com gradiente variando de 50 a 100% de MeCN, coluna Zorbax Eclipse PAH (250 mm × 4,6 mm, 5 µm; Agilent), pré-coluna Zorbax (4 mm × 3 mm, 5 µm; Agilent), temperatura do forno 35°C, volume de injeção de 30 µL, fluxo da fase móvel de 1,5 mL/min, detecção 270/390 nm para BaA e Chr, 290/430 nm para BbF e BaP.

A validação do método foi conduzida de acordo com o Guia do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2020).

Para aplicação da metodologia, foram analisadas 15 amostras de trigo para quibe, de diferentes marcas, obtidas no comércio do estado de São Paulo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método mostrou-se adequado para análise de HPAs em produtos de trigo, apresentando alta sensibilidade, com limites de detecção e quantificação de 0,15 e 0,50 µg/kg, respectivamente. Na avaliação da seletividade, não foi observada interferência de matriz, sendo a curva preparada no solvente e na faixa de trabalho de 0,5 a 3,0 ng/mL.

A Tabela 1 e a Figura 1 apresentam os resultados para HPAs nas amostras de trigo para quibe.

Considerando o limite máximo de 1,0 µg/kg estabelecido pela Comunidade Europeia para BaP e soma dos 4 HPAs, uma amostra não estava conforme para BaP, enquanto duas amostras para a soma dos 4 HPAs. Embora o BaP individualmente tenha permanecido abaixo do limite regulatório na maior parte das amostras, foram observados casos em que a soma dos 4 HPAs excedeu o máximo permitido, indicando que a avaliação baseada apenas no BaP pode não refletir adequadamente a exposição total aos HPAs.

Na avaliação do número de HPAs observado nas amostras (Figura 1), em 80% das amostras não foi possível detectar nenhum hidrocarboneto, e em uma amostra foi possível quantificar três HPAs (Cri, BbF e BaP), que foi a mesma que apresentou maior concentração para a soma dos 4 HPAs (3,38 µg/kg).

Tabela 1. HPAs e concentrações

	Faixa de concentração (µg/kg)	Amostras positivas	Amostras insatisfatórias
BaA	ND - <LQ	0 (0%)	-
Cri	ND - 1,52	2 (13,3%)	-
BbF	ND - 0,59	1 (6,7%)	-
BaP	ND - 1,27	3 (20,0%)	1 (6,7%)
4 HPAs	ND - 3,38	3 (20,0%)	2 (13,3%)

ND: não detectado, LQ: limite de quantificação (0,50 µg/kg).

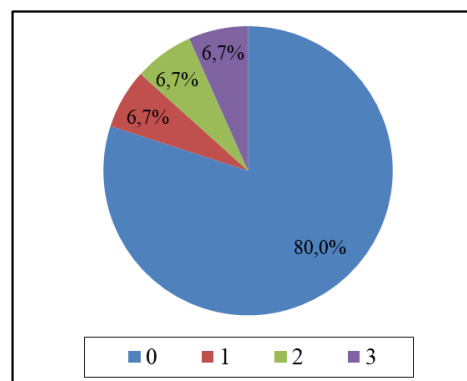


Figura 1. Porcentagem de amostras de acordo com o número de HPAs

Os resultados observados demonstram que houve variabilidade entre as amostras, sugerindo diferenças nas condições de produção, origem da matéria-prima



e práticas de processamento adotadas pelos fabricantes.

A presença de valores elevados para a soma de 4 HPAs no trigo para quibe pode estar associada tanto a fatores ambientais quanto tecnológicos. Por se tratar de um produto derivado do trigo integral, que preserva as camadas externas do grão, há maior susceptibilidade à deposição atmosférica de HPAs durante o cultivo. Além disso, durante o processo tecnológico de secagem industrial, pode acontecer a contaminação, especialmente se a secagem for realizada com ar quente proveniente de combustão (Orecchio, Papuzza, 2009; Sampaio et al., 2021).

Dessa forma, os achados destacam a importância do controle rigoroso das etapas de secagem e processamento, bem como da qualidade do trigo utilizado, visando ao atendimento do limite da legislação. Além disso, os resultados reforçam a necessidade de avaliação do trigo para quibe em programas de monitoramento, uma vez que se trata de um produto amplamente consumido e potencialmente suscetível à contaminação por esses compostos.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicaram que o trigo para quibe pode apresentar contaminação por hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. Foram encontradas amostras insatisfatórias em relação ao limite da Comunidade Europeia, tanto para BaP como para a soma dos 4 HPAs. A variabilidade entre as amostras evidencia que a contaminação pode estar associada a fatores ambientais e a condições de processamento. Logo, torna-se necessário o monitoramento dessa matriz, de forma a assegurar a proteção da saúde do consumidor.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio à pesquisa (2023/15185-8). Os autores também agradecem ao Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da USP, ao Instituto Adolfo Lutz e à Universidade do Porto (LAQV/REQUIMTE).

REFERÊNCIAS

- Alomari, D. Z. et al. Wheat Grains as a Sustainable Source of Protein for Health. *Nutrients*, 2023;15(20):4398.
- CEC - COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Commission Regulation (EC) n° 835/2011, of 19 August 2011. Amending Regulation (EC) n° 1881/2006 as regards

maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L215/4-L215/8, 2011a.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Guide to good hygiene practices for cereal milling*. Rome: FAO, 2011.

Guizzellini, G. M. et al. Concentration and potential health risk of polycyclic aromatic hydrocarbons for consumers of chocolate in Brazil. *Food Chemistry*, v. 405, n. 134853, p. 134853, 2023.

IARC - International Agency for Research on Cancer. *Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Overall evaluation of carcinogenicity. Polynuclear Aromatic Compounds*. Lyon: IARC, 2010, v. 35.

IARC - International Agency for Research on Cancer. *Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Overall evaluation of carcinogenicity. Chemical Agents and Related Occupations*. Lyon: IARC, 2012, v. 100F.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. *Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos. DOQ-CGRE-008. Revisão 9, 2020. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/organismos/doc_organismos.asp?tOrganismo=CalibEnsaio>. Acesso em: 27 jan. 2026.*

Islam, M. Z. et al. *Nutritional Values of Wheat and the Roles and Functions of Its Compositions in Health*. 2024.

Kent, N. L.; Evers, A. D. *Technology of Cereals*. 4th ed. Oxford: Pergamon Press, 1994.

Orecchio, S.; Papuzza, V. Levels, fingerprint and daily intake of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in bread baked using wood as fuel. *Journal of Hazardous Materials*, v. 164, n. 2-3, p. 876-883, 2009.

Pomeranz, Y. *Wheat: Chemistry and Technology*. 3rd ed. St. Paul: AACC, 1988.

Rascón, A. J.; Azzouz, A.; Ballesteros, E. Assessing polycyclic aromatic hydrocarbons in cereal-based foodstuffs by using a continuous solid-phase extraction system and gas chromatography–mass spectrometry. *Food Control*, v. 92, p. 92-100, 2018.

Sampaio, G. R. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods: biological effects, legislation, occurrence, analytical methods, and strategies to reduce their formation. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 11, p. 6010, 2021.



Sheera, A. et al. Biofortification Strategies for Wheat: enhancing zinc and iron nutritional quality to combat micronutrient deficiencies and ensure food security. *Journal of Food Composition and Analysis*, p. 108009, 2025.

Silva, S. A. et al. Occurrence and exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditional dry-cured or smoked meat products from Brazil. *Food Production, Processing and Nutrition*, v. 6, n. 1, p. 82, 2024.