

ARTIGO TÉCNICO

HIDROXIMETILFURFURAL (HMF) NO MEL: REGULAMENTAÇÃO E TOXICIDADE

Autores: Rayanne Barreto Ferreira¹, Ana Julia Menezes Caulo Dutra²,
Igor Almeida Rodrigues², Carla Silva Carneiro^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Higiene Veterinária e Processamento
Tecnológico de Produtos de Origem Animal. UFF.

² Faculdade de Farmácia. UFRJ.

Autor para correspondência: carlacarneiro@farmacia.ufrj.br



DESTAQUE

HMF: o teor de HMF auxilia no controle da qualidade do mel, permitindo avaliar efeitos do processamento térmico e das condições de armazenamento.

1. INTRODUÇÃO

O hidroximetilfurfural (HMF) é um composto furânico formado principalmente pela desidratação de açúcares, especialmente hexoses como frutose e glicose, em determinadas condições de acidez e temperatura. Sua formação pode ocorrer por diferentes vias químicas, incluindo reações relacionadas à degradação térmica de carboidratos e à reação de Maillard, dependendo da composição do alimento e das condições de processamento. Em geral, sua concentração tende a aumentar durante o aquecimento, condições ácidas e armazenamento prolongado, sendo utilizada

como parâmetro de qualidade e como indicador das condições de processamento e conservação de diversos alimentos ricos em açúcares, como mel, leite, cereais e produtos de panificação (Martins *et al.*, 2022).

No mel, o HMF é um importante indicador das condições de processamento e armazenamento. O mel fresco geralmente apresenta baixos níveis desse composto, enquanto o aquecimento e o armazenamento prolongado, especialmente em temperaturas elevadas, favorecem sua formação e aumentam sua concentração, processo também favorecido pela acidez natural do mel. Por isso, o teor de HMF é utilizado no controle de qualidade do mel e pode ajudar a identificar exposição excessiva ao calor ou condições inadequadas de conservação (Shapla *et al.*, 2018).

Além de indicador da qualidade dos alimentos, o HMF também tem sido associado a possíveis efeitos adversos à saúde causando danos hepáticos, renais e intestinais, além de favorecer inflamação e dano as células (Qin *et al.*, 2026). Assim, esta revisão aborda sua formação, os limites legais para o mel, sua importância para indústria e os possíveis efeitos à saúde.

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

2.1 Formação de HMF no mel durante o beneficiamento

A formação de HMF no mel é favorecida pelo aquecimento e pela exposição prolongada a temperaturas elevadas. Durante o beneficiamento, o uso excessivo de calor, como na descristalização, aquecimento para facilitar a filtração ou envase, pode acelerar sua formação e comprometer a qualidade. Quanto maior a temperatura e o tempo de exposição, maior tende a ser a formação de HMF, sendo recomendado o menor aquecimento possível pelo período necessário. O armazenamento também exerce papel importante, pois o HMF pode continuar sendo formado ao longo do tempo, especialmente quando o mel é mantido em locais quentes (Shapla *et al.*, 2018).

2.2 Ocorrência e legislação sobre o HMF no mel

O mel é constituído essencialmente por água, glicose e frutose, além de outros açúcares, proteínas, enzimas, antioxidantes e ácidos orgânicos. As condições de colheita, armazenamento e processamento do mel exercem influência direta sobre sua composição e sua concentração de HMF. Praticamente ausente no mel fresco, o HMF é formado ou intensificado durante o processamento e, principalmente, durante o armazenamento prolongado, especialmente sob temperaturas elevadas. Por esse motivo, sua concentração é utilizada como indicador da qualidade e do tempo/temperatura de armazenamento do mel (Shapla *et al.*, 2018).

Devido à relevância toxicológica, diferentes legislações estabelecem limites de HMF no mel (Quadro 1). Ressalta-se que estes limites apresentados referem-se a critérios de qualidade do mel e não devem ser interpretados como limites toxicológicos de segurança para a ingestão humana. Portanto, o atendimento aos parâmetros regulatórios e a avaliação dos possíveis efeitos à saúde são aspectos distintos.

Quadro 1 – Limites máximos de hidroximetilfurfural (HMF) estabelecidos para o mel pelo *Codex Alimentarius* e pela legislação brasileira.

Órgão / País	Limite de HMF
<i>Codex Alimentarius</i> (padrão geral)	40 mg/kg
<i>Codex Alimentarius</i> (clima tropical)	80 mg/kg
Brasil	60 mg/kg

Fonte: elaborado pelos autores com base em Brasil (2000) e *Codex Alimentarius* (2001).

Esses limites variam conforme as condições climáticas e sua influência na formação do HMF. Embora o mel seja a matriz mais estudada, o HMF, também pode ser formado em outros alimentos aquecidos, como café, pães e produtos caramelizados, nos quais pode contribuir para atributos sensoriais desejáveis.

2.3 Efeitos adversos do HMF à saúde humana

Os efeitos do HMF dependem da dose, da duração da exposição e do modelo experimental utilizado. Estudos investigam possíveis mecanismos de toxicidade, incluindo estresse oxidativo, alterações inflamatórias e danos celulares. Qin *et al.* (2026), por exemplo, avaliaram efeitos do HMF em células epiteliais intestinais. Entretanto, resultados obtidos em modelos celulares não podem ser diretamente extrapolados para seres humanos, e a relevância desses achados para o consumo habitual de mel requer avaliação considerando as doses de exposição e as evidências disponíveis.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O HMF é formado pela desidratação de açúcares nas reações de Maillard e de caramelização, sendo usado como marcador de qualidade térmica dos alimentos.
- No mel, sua concentração reflete as condições de armazenamento e processamento, sendo regulamentada de modo distinto conforme o clima. No Brasil, o limite é de 60 mg/kg.

- A definição do binômio tempo-temperatura deve fundamentar-se na literatura, conciliando os objetivos tecnológicos do processamento com a minimização da formação de HMF.
- A ingestão de concentrações elevadas de HMF pode induzir estresse oxidativo, apoptose, inflamação e efeitos genotóxicos e mutagênicos.
- O HMF representa risco à saúde quando ingerido em excesso, sendo assim, um importante parâmetro industrial que deve ser monitorado de forma contínua em sua concentração no mel e derivados industriais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000.** Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/legislacao/IN112000RTmel.pdf>. Acesso em: 17 set. 2026.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex standard for honey: CXS 12-1981.** Rev. 2 (2001). Rome: FAO/WHO, 2001. Disponível em: <https://www.fao.org/4/i0842e/i0842e20.pdf>. Acesso em: 17 set. 2026.

MARTINS, Fernanda C. O. L. *et al.* The role of 5-hydroxymethylfurfural in food and recent advances in analytical methods. **Food Chemistry**, v. 395, art. 133539, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133539>.

QIN, Dongying *et al.* Toxic effects of 5-hydroxymethylfurfural on intestinal epithelial cell and its impact on the expression of MAPK pathway-related genes. **Food and Chemical Toxicology**, v. 214, art. 116112, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2026.116112>.

SHAPLA, U. M. *et al.* 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. **BMC Chemistry**, v. 12, art. 35, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13065-018-0408-3>.