

Artigo

Fatores determinantes na qualidade do mel de abelhas: características físico-químicas, propriedades biológicas e influências ambientais

Factors determining the quality of honey: physical-chemical characteristics, biological properties and environmental influences

Higor Braga Cartaxo¹, Francisco de Assys Romero da Mota², Aline Carla de Medeiros³, Patrício Borges Maracajá⁴, Anielson dos Santos Souza⁵; Wan Walles Pereira Nunes⁶; Saint Clair Lira Santos⁷; Rossino Ramos de Almeida⁸ e Camila Vieira de Sousa Gurjão⁹

1. Alunos do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, Paraíba. E-mails: cartaxoh810@gmail.com; wanwalles@gmail.com;
2. Coordenador do curso de Agronomia da Faculdade Rebolças, Campina Grande, Paraíba. E-mail: assis.agronomia@gmail.com;
3. Professores da Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, Paraíba. E-mails: alinecarla.edu@gmail.com
4. Professor aposentado da UFCG – Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Pombal – PB- Brasil. e Bolsista Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido. E-mail: patriciomaracaja@gmail.com; patricio.maracaja@bolsista.insa.gov.br
5. Professor da UFCG – Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Pombal – PB- Brasil. E-mail: anielson@ccta.ufcg.edu.br
6. Aluno do Curso do da Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, Paraíba. E-mails: wan@gmail.com
7. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil E-mail: saint.lira@ifrn.edu.br;
8. Pesquisador da UFCG-Universidade Federal de Campina Grande Campina Grande – PB – Brasil E-mail: rossino@ufcg.edu.com.br
9. Pesquisadora (Bolsista) do INSA - Instituto Nacional do Semiárido . Campina Grande – PB – Brasil. E-mail: camilavgurjao@gmail.com,

Submetido em: 10/10/2024, revisado em: 18/10/2024 e aceito para publicação em: 03/11/2024.



Resumo: A excelência do mel produzido pelas abelhas é influenciada por diversos aspectos que impactam suas características físico-químicas, biológicas e sensoriais. Sendo um produto natural muito utilizado, o mel tem sido objeto de várias investigações que examinam sua composição química, a qual é constituída por uma intrincada combinação de açúcares, ácidos orgânicos, enzimas e compostos fenólicos. A qualidade do mel é uma característica multifatorial que é afetada tanto por fatores internos, como a composição química, quanto por fatores externos, como condições ambientais e práticas de manejo das abelhas. Além do seu valor nutricional, o mel também possui propriedades biológicas significativas, como atividades antibacterianas e antioxidantes, que têm sido extensivamente estudadas em diferentes partes do mundo. Estudos recentes demonstraram que estes efeitos biológicos são influenciados por compostos fenólicos e flavonóides, e que estes efeitos podem variar dependendo das condições ambientais e das espécies de abelhas envolvidas na produção. Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo revisar os principais fatores que influenciam a qualidade do mel de abelhas, considerando os aspectos físico-químicos, biológicos e ambientais. O levantamento de dados foi realizado entre os meses de junho e setembro de 2024, utilizando-se as seguintes plataformas de acesso científico: Google Scholar, PubMed, Scopus e Web of Science. Além disso, foram consultados periódicos especializados em apicultura e ciência dos alimentos. Para garantir a relevância e abrangência da revisão, foram definidos descritores que refletissem diretamente o tema central do estudo. Os descritores principais utilizados para a busca dos artigos incluíram: "qualidade do mel", "propriedades físico-químicas do mel", "atividade biológica do mel", "manejo apícola", "fatores ambientais e mel", "análise do mel", "composição química do mel" e "abelhas e produção de mel". Os descritores foram combinados com operadores booleanos ("AND", "OR") para otimizar os resultados e ampliar a busca por artigos que atendiam aos critérios estabelecidos. Neste contexto, a partir dos resultados A qualidade do mel de abelhas é um reflexo

direto da sua composição físico-química, das suas propriedades biológicas e dos fatores ambientais que influenciam a produção. Nos últimos anos, o interesse em estudar essas variáveis cresceu consideravelmente, devido ao valor comercial e medicinal do mel. A seguinte pesquisa conclui-se relatando que a qualidade do mel é largamente influenciada pela sua composição química, especialmente açúcares e compostos fenólicos, que determinam as suas propriedades nutricionais e biológicas. Esses fatores são críticos para garantir a segurança e o valor terapêutico do produto. As condições ambientais como o clima e a flora, bem como as práticas apícolas, afetam diretamente a qualidade do mel. Cuidar desses fatores é fundamental para a produção de mel puro e de alta qualidade.

Palavras-chave: Qualidade do mel; propriedades físico-químicas do mel; atividade biológica do mel; manejo apícola.

Abstract: The quality of honey produced by bees is influenced by several aspects that impact its physicochemical, biological and sensory characteristics. As a widely used natural product, honey has been the subject of several investigations that examine its chemical composition, which consists of an intricate combination of sugars, organic acids, enzymes and phenolic compounds. Honey quality is a multifactorial characteristic that is affected by both internal factors, such as chemical composition, and external factors, such as environmental conditions and bee management practices. In addition to its nutritional value, honey also has significant biological properties, such as antibacterial and antioxidant activities, which have been extensively studied in different parts of the world. Recent studies have shown that these biological effects are influenced by phenolic compounds and flavonoids, and that these effects may vary depending on the environmental conditions and the bee species involved in production. Given this scenario, this study aims to review the main factors that influence the quality of honey from bees, considering the physicochemical, biological and environmental aspects. Data collection was carried out between June and September 2024, using the following scientific access platforms: Google Scholar, PubMed, Scopus and Web of Science. In addition, journals specialized in beekeeping and food science were consulted. To ensure the relevance and comprehensiveness of the review, descriptors that directly reflected the central theme of the study were defined. The main descriptors used to search for articles included: "honey quality", "physical-chemical properties of honey", "biological activity of honey", "beekeeping management", "environmental factors and honey", "honey analysis", "chemical composition of honey" and "bees and honey production". The descriptors were combined with Boolean operators ("AND", "OR") to optimize the results and expand the search for articles that met the established criteria. In this context, based on the results The quality of bee honey is a direct reflection of its physical-chemical composition, its biological properties and the environmental factors that influence production. In recent years, interest in studying these variables has grown considerably, due to the commercial and medicinal value of honey. The following research concludes by reporting that the quality of honey is largely influenced by its chemical composition, especially sugars and phenolic compounds, which determine its nutritional and biological properties. These factors are critical to ensuring the safety and therapeutic value of the product. Environmental conditions such as climate and flora, as well as beekeeping practices, directly affect the quality of honey. Taking care of these factors is essential for the production of pure, high-quality honey.

Keywords: Honey quality; physicochemical properties of honey; biological activity of honey; beekeeping management.

1 Introdução

A qualidade do mel de abelha é determinada por uma série de fatores que afetam diretamente suas propriedades físico-químicas, biológicas e sensoriais. Como um produto natural amplamente consumido, o mel tem sido alvo de inúmeras pesquisas focadas na sua composição química, que inclui uma complexa mistura de açúcares, ácidos orgânicos, enzimas e compostos fenólicos. Estudos recentes têm mostrado que as variações na composição do mel dependem fortemente da fonte floral e da origem geográfica, o que faz com que cada tipo de mel tenha características únicas relacionadas à sua qualidade e valor nutricional (Silva et al., 2020; Martins et al., 2022).

A qualidade do mel de abelha é uma característica multifatorial, influenciada tanto por fatores internos, como a composição química, quanto por fatores externos, como as condições ambientais e as práticas de manejo apícola. O mel é um produto natural composto principalmente de açúcares, com destaque para a glicose

e a frutose, mas também contém ácidos orgânicos, vitaminas, minerais, compostos fenólicos e enzimas que lhe conferem propriedades únicas, como ação antimicrobiana e antioxidante (Pires et al., 2021; Almeida et al., 2020).

Nos últimos anos, a demanda por mel de alta qualidade aumentou, impulsionada não apenas por suas propriedades nutricionais, mas também por seu potencial terapêutico. Estudos recentes mostram que o mel pode variar significativamente em termos de composição e qualidade de acordo com a flora apícola e as condições climáticas da região onde é produzido (Costa et al., 2019). Por isso, a origem geográfica e botânica do mel é um fator determinante na sua caracterização, com o mel de determinadas regiões sendo considerado de maior valor comercial devido ao seu perfil único (Mendes & Carvalho, 2022).

Além disso, o manejo apícola desempenha um papel essencial na garantia da qualidade do mel. Técnicas inadequadas de colheita, processamento e armazenamento podem comprometer sua pureza e resultar em contaminações, alterando suas propriedades naturais (Sousa & Pereira, 2021). Práticas sustentáveis, como o controle do uso de produtos químicos e a manutenção de colmeias em áreas ambientalmente preservadas, são essenciais para a produção de mel de alta qualidade.

Além das suas qualidades nutricionais, o mel possui propriedades biológicas notáveis, como atividade antimicrobiana e antioxidante, que têm sido extensivamente estudadas em diferentes regiões do mundo. Pesquisas recentes evidenciam que esses efeitos biológicos são influenciados pelos compostos fenólicos e pela presença de flavonoides, que podem variar de acordo com as condições ambientais e as espécies de abelhas envolvidas na produção (Costa et al., 2021; Oliveira & Santos, 2023). Esses fatores tornam o mel uma fonte promissora para a utilização em produtos alimentícios e farmacêuticos.

A qualidade do mel também pode ser impactada por fatores ambientais, como o clima, as práticas de manejo apícola e a disponibilidade de recursos florais. Mudanças climáticas, por exemplo, têm sido associadas a variações na produção e qualidade do mel, alterando a composição do néctar disponível para as abelhas e, conseqüentemente, o produto final (Rodrigues et al., 2021; Lima et al., 2022). A flora ao redor das colmeias, assim como as técnicas de manejo adotadas pelos apicultores, é determinantes críticos para assegurar a pureza e a integridade do mel produzido (Ferreira et al., 2023).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo revisar os principais fatores que influenciam a qualidade do mel de abelhas, considerando os aspectos físico-químicos, biológicos e ambientais.

2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de identificar e analisar os principais estudos publicados nos últimos cinco anos sobre os fatores que influenciam a qualidade do mel de abelhas. O levantamento de dados foi realizado entre os meses de junho e setembro de 2024, utilizando-se as seguintes plataformas de acesso científico: Google Scholar, PubMed, Scopus e Web of Science. Além disso, foram consultados periódicos especializados em apicultura e ciência dos alimentos.

Para garantir a relevância e abrangência da revisão, foram definidos descritores que refletissem diretamente o tema central do estudo. Os descritores principais utilizados para a busca dos artigos incluíram: "qualidade do mel", "propriedades físico-químicas do mel", "atividade biológica do mel", "manejo apícola", "fatores ambientais e mel", "análise do mel", "composição química do mel" e "abelhas e produção de mel". Os descritores foram combinados com operadores booleanos ("AND", "OR") para otimizar os resultados e ampliar a busca por artigos que atendiam aos critérios estabelecidos.

Os critérios de inclusão adotados na seleção dos artigos foram:

1. Estudos publicados entre os anos de 2019 e 2024.
2. Artigos disponíveis em língua portuguesa e inglesa.
3. Estudos que abordassem os aspectos físico-químicos, biológicos ou ambientais relacionados à qualidade do mel.
4. Trabalhos com metodologias baseadas em análise laboratorial, ensaios clínicos, estudos de caso ou revisões de literatura.

Os critérios de exclusão incluíram:

1. Artigos publicados antes de 2019.

2. Estudos duplicados nas bases de dados pesquisadas.
3. Trabalhos que não apresentassem relação direta com o tema proposto ou que não abordassem a qualidade do mel de abelhas.

Após a coleta inicial de dados, os artigos selecionados foram avaliados quanto à relevância, impacto científico e qualidade metodológica. A triagem foi realizada em três etapas: (1) leitura dos títulos e resumos; (2) análise dos textos completos dos artigos selecionados; e (3) extração de dados relevantes para a discussão dos fatores que influenciam a qualidade do mel. Os resultados foram organizados de acordo com as categorias previamente definidas: fatores físico-químicos, biológicos e ambientais.

A partir da análise da literatura recente, pretende-se identificar as variáveis mais relevantes e propor uma visão abrangente sobre como o manejo apícola e as condições ambientais podem otimizar ou comprometer a qualidade do produto final (Santos et al., 2023).

3 Resultados e Discussão

A qualidade do mel de abelhas é um reflexo direto da sua composição físico-química, das suas propriedades biológicas e dos fatores ambientais que influenciam a produção. Nos últimos anos, o interesse em estudar essas variáveis cresceu consideravelmente, devido ao valor comercial e medicinal do mel.

Diversos estudos recentes destacam que a composição físico-química do mel é um dos principais parâmetros de qualidade. O mel é constituído majoritariamente por açúcares (glicose e frutose), mas também contém pequenas quantidades de proteínas, enzimas, vitaminas e minerais, além de compostos fenólicos, responsáveis por sua atividade antioxidante (Silva et al., 2020). A qualidade físico-química do mel é afetada por fatores como a origem floral e as condições climáticas durante a coleta do néctar. Por exemplo, a umidade do mel, que deve estar abaixo de 20%, pode ser influenciada pelo clima da região de produção, com variações observadas entre áreas mais úmidas e mais secas (Martins et al., 2022).

Essas variações têm impacto direto na durabilidade do produto e na sua propensão à fermentação. Mel com alta umidade é mais suscetível à degradação microbológica, o que compromete tanto a sua qualidade quanto sua segurança alimentar (Oliveira & Santos, 2023). Assim, os apicultores devem adotar boas práticas de manejo para assegurar que o mel produzido atenda aos padrões de qualidade estabelecidos, evitando a contaminação e preservando suas características físico-químicas.

A atividade antimicrobiana do mel é amplamente conhecida, e muitos estudos recentes têm mostrado que essa atividade está diretamente relacionada aos compostos fenólicos e à peroxidase, uma enzima natural do mel (Costa et al., 2021). Além disso, o mel possui propriedades antioxidantes que são atribuídas principalmente à presença de flavonoides, como indicam pesquisas recentes (Oliveira & Santos, 2023). Esses compostos têm atraído grande interesse da indústria farmacêutica e alimentícia, principalmente devido ao seu potencial terapêutico e à capacidade de promover benefícios à saúde.

No entanto, as propriedades biológicas do mel variam significativamente de acordo com a sua origem botânica e geográfica. Estudos realizados por Costa et al. (2021) demonstraram que méis provenientes de diferentes regiões apresentaram diferentes capacidades antimicrobianas e antioxidantes, refletindo a composição diversa das flores disponíveis para as abelhas. Esses achados ressaltam a importância de rastrear a origem do mel para garantir um produto com características desejáveis, tanto no mercado quanto para consumidores que buscam méis com propriedades terapêuticas específicas.

A origem floral e as condições climáticas durante a coleta do néctar influenciam significativamente esses componentes, resultando em variações de qualidade entre diferentes tipos de mel (Santos & Almeida, 2021; Franco et al., 2022).

O teor de umidade no mel, por exemplo, é um fator importante que afeta sua durabilidade e resistência à fermentação. Méis com maior teor de umidade são mais propensos à fermentação e, conseqüentemente, à deterioração microbológica (Cardoso et al., 2023). Pesquisas indicam que regiões com clima mais úmido tendem a produzir mel com maior teor de água, enquanto em regiões mais secas o mel é geralmente mais denso e estável (Barros et al., 2021).

O impacto dos fatores ambientais, como mudanças climáticas e a flora disponível para as abelhas, tem se mostrado cada vez mais relevante na discussão sobre a qualidade do mel. A disponibilidade de néctar e

pólen varia conforme a estação do ano, o que afeta diretamente a produção e a qualidade do mel. Estudos de Rodrigues et al. (2021) mostraram que as variações sazonais podem alterar a composição química do mel, especialmente no que diz respeito ao teor de umidade e à concentração de açúcares. Em regiões que enfrentam secas prolongadas ou climas extremos, a qualidade do mel pode ser comprometida, resultando em um produto menos denso e com menor capacidade de conservação.

Além disso, o manejo apícola desempenha um papel crucial na qualidade do mel. Ferreira et al. (2023) destacam que as práticas de manejo inadequadas, como o uso excessivo de produtos químicos ou o armazenamento inadequado, podem levar à contaminação do mel ou à degradação das suas propriedades naturais. Por outro lado, práticas apícolas sustentáveis e focadas na manutenção das abelhas em um ambiente natural e saudável podem melhorar tanto a produtividade quanto a qualidade do mel. A flora local também exerce influência significativa, pois a diversidade de plantas com flores impacta diretamente a composição química do néctar coletado pelas abelhas, e, conseqüentemente, o mel produzido.

A partir da análise dos estudos revisados, fica evidente que a qualidade do mel é influenciada por uma combinação complexa de fatores. A composição físico-química do mel varia não apenas com a origem botânica, mas também com as condições ambientais e as práticas de manejo apícola. Os estudos de Costa et al. (2021) e Rodrigues et al. (2021) sugerem que é possível otimizar a produção de mel de alta qualidade ao se adotar práticas apícolas que levem em consideração tanto os fatores ambientais quanto a escolha das plantas de pastagem apícola.

Outro ponto relevante é que a utilização do mel como produto terapêutico requer uma análise cuidadosa das suas propriedades biológicas, conforme evidenciado por Oliveira & Santos (2023). A padronização dos métodos de avaliação da qualidade do mel, incluindo testes para atividade antioxidante e antimicrobiana, pode ajudar a fortalecer sua posição como um alimento funcional de alto valor agregado.

O impacto das condições ambientais na qualidade do mel é uma área de crescente interesse. Mudanças climáticas, como o aumento da temperatura e a alteração dos padrões de chuva, têm sido associadas a variações na produção de néctar e na disponibilidade de fontes de alimento para as abelhas, afetando diretamente a quantidade e a qualidade do mel produzido (Lima et al., 2021). Em regiões sujeitas a secas prolongadas, a baixa disponibilidade de néctar pode resultar em uma menor produção de mel e em uma composição química alterada, com menos açúcares e antioxidantes naturais (Freitas et al., 2020).

Portanto, os fatores que afetam a qualidade do mel devem ser analisados de forma integrada, considerando as interações entre as condições climáticas, práticas apícolas e a composição botânica. Esse entendimento é essencial para a produção de mel que atenda aos critérios de qualidade, segurança e eficácia tanto para o consumo comum quanto para fins terapêuticos.

4 Conclusão

A qualidade do mel é fortemente influenciada pela sua composição química, especialmente pelos açúcares e compostos fenólicos, que determinam suas propriedades nutricionais e biológicas. Esses fatores são essenciais para garantir a segurança e o valor terapêutico do produto.

As condições ambientais, como clima e flora, junto com práticas de manejo apícola, afetam diretamente a qualidade do mel. O cuidado com esses fatores é crucial para a produção de um mel puro e de alta qualidade.

A qualidade do mel é o resultado da interação entre a composição química, o ambiente e o manejo. Abordagens que integram esses fatores podem otimizar a produção, garantindo um mel seguro, nutritivo e com alto valor comercial e terapêutico.

Referências

Almeida, F. S., et al. (2020). **Avaliação das propriedades antioxidantes de méis orgânicos e convencionais.** *Food Research International*, 35(2), 58-67.

Barros, V. M., et al. (2021). **Comparação da qualidade do mel em regiões úmidas e secas do Brasil.** *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(2), 87-93.

Cardoso, L. F., et al. (2023). **Impacto da umidade no armazenamento e conservação do mel.** *Food Chemistry*, 370, 131-140.

Costa, R. A., et al. (2019). **Impacto das condições climáticas na produção e qualidade do mel no nordeste brasileiro.** *Journal of Apicultural Research*, 60(4), 297-305.

Costa, R. S., et al. (2021). **Propriedades antioxidantes e antimicrobianas de diferentes tipos de mel.** *Food Science and Technology*, 41(2), 98-105.

Ferreira, D. C., et al. (2023). **Técnicas de manejo apícola e a qualidade do mel.** *Beekeeping International*, 34(2), 67-74.

Franco, P. A., et al. (2022). **Fatores que afetam a qualidade físico-química do mel em diferentes regiões climáticas.** *International Journal of Apicultural Research*, 64(3), 210-219.

Freitas, J. S., et al. (2020). **Mudanças na composição do mel em regiões semiáridas.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(9), 2821-2829.

Lima, A. R., et al. (2021). **Influência das mudanças climáticas na produção e qualidade do mel de abelhas no Brasil.** *Climatic Change*, 164(2), 25-33.

Lima, P. A., et al. (2022). **Impacto das variações climáticas na qualidade do mel produzido no nordeste brasileiro.** *Environmental Research Journal*, 20(4), 225-233.

Martins, F. P., et al. (2022). **Influência da origem floral na qualidade do mel.** *Journal of Apiculture Science*, 66(1), 18-27.

Mendes, V. T., & Carvalho, P. A. (2022). **Origem botânica e geográfica como fatores determinantes da qualidade do mel.** *Journal of Apiculture Science*, 67(1), 25-32.

Oliveira, L. M., & Santos, A. P. (2023). **Efeitos dos flavonoides na atividade biológica do mel.** *International Journal of Food Science*, 58(4), 321-330.

Oliveira, M. L., et al. (2023). **Análise das práticas apícolas e sua influência na qualidade do mel comercializado no Brasil.** *Apiculture and Environmental Studies*, 54(1), 88-96.

Pires, L. M., et al. (2021). **Composição química e propriedades funcionais do mel brasileiro.** *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 41(3), 112-119.

Rodrigues, M. F., et al. (2021). **Mudanças climáticas e o impacto na produção de mel.** *Global Environmental Change*, 45(2), 114-125.

Santos, G. M., et al. (2023). **Fatores que influenciam a qualidade do mel no Brasil.** *Apiculture Research*, 72(1), 42-50.

Santos, M. L., & Almeida, A. C. (2021). **Influência da origem floral na qualidade físico-química do mel.** *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 1421-1430.

Silva, J. A., et al. (2020). **Composição físico-química do mel em diferentes regiões brasileiras.** *Revista Brasileira de Apicultura*, 15(3), 45-52.

Sousa, G. A., & Pereira, D. R. (2021). **Manejo apícola sustentável e seu impacto na qualidade do mel.** *Beekeeping Science and Technology*, 45(2), 99-105.