

## ARTIGO TÉCNICO

# O PAPEL DO AQUECIMENTO ÔHMICO NA CONSERVAÇÃO DE POLPAS DE MANGA E ABACAXI SOB A ÓTICA DA TECNOLOGIA DE OBSTÁCULOS

Autores: Jerônimo Gregório da Silva Neto<sup>1</sup>, Karine Silva

Amorim<sup>1</sup>, Fernando Silva Chagas<sup>1</sup>, Geovana Rocha Plácido<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano –  
Campus Rio Verde

Autor para correspondência (email): [nutrijeronimogregorio@gmail.com](mailto:nutrijeronimogregorio@gmail.com)



## DESTAQUE

*O uso de aquecimento ôhmico em polpas de manga e abacaxi atua como um obstáculo biológico inovador, que reduz o dano térmico, corta em 80% o gasto energético e preserva até 92% dos antioxidantes naturais*

## 1. INTRODUÇÃO

O processamento térmico convencional de polpas de frutas é amplamente utilizado para garantir a segurança microbiológica, porém, a exposição prolongada a altas temperaturas frequentemente resulta em perdas significativas de nutrientes e alterações indesejáveis nas características sensoriais. Diante desse cenário, tecnologias emergentes como o Aquecimento Ôhmico (AO) surgem como alternativas eficazes, permitindo um aquecimento volumétrico rápido e uniforme, o que minimiza o dano térmico e preserva melhor os compostos bioativos e a qualidade organoléptica dos alimentos (Temelkovska Ristevska *et al.*, 2024).

A eficiência do aquecimento ôhmico em polpas tropicais, como a de manga, é influenciada por parâmetros como o gradiente de voltagem e a condutividade elétrica do material. Estudos indicam

que o controle preciso dessas variáveis não apenas reduz o tempo de processamento necessário para a pasteurização, mas também favorece a retenção de propriedades antioxidantes e a manutenção da viscosidade adequada, superando os métodos de aquecimento indireto tradicionais (Priyadarshini *et al.*, 2023).

Além da preservação nutricional, o AO demonstra potencial na valorização de subprodutos, como o núcleo do abacaxi, facilitando a extração de compostos fenólicos com menor consumo energético. Sob a ótica da tecnologia de obstáculos, a integração do campo elétrico com outros fatores de conservação potencializa a inativação microbiana e enzimática, configurando um sistema de barreiras sinérgicas que aumenta a vida útil do produto final de forma sustentável (Gavahian; Chu, 2022).

Este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, a eficiência do aquecimento ôhmico na conservação de polpas de manga e abacaxi, explorando seus impactos nutricionais e a aplicação da tecnologia de obstáculos. A metodologia adotada consistiu na busca e análise crítica de artigos científicos experimentais e revisões bibliográficas recentes, visando sintetizar evidências sobre o desempenho dessa tecnologia frente aos desafios da agroindústria moderna.

## 2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

### 2.1. A Tecnologia de Obstáculos como Eixo Central de Conservação

O principal diferencial deste trabalho reside na aplicação da Tecnologia de Obstáculos (*Hurdle Technology*) para a estabilização de polpas de manga e abacaxi. Em vez de depender de um único tratamento térmico severo que degrada a qualidade sensorial e nutricional, essa abordagem combina barreiras sinérgicas (pH ácido natural, refrigeração, doses mínimas de conservantes e o campo elétrico) para garantir a segurança microbiológica com mínimo impacto térmico (Silva *et al.*, 2021).

Nessa matriz, o Aquecimento Ôhmico (AO) atua como um obstáculo físico e biológico multifuncional através do seu efeito não térmico: a eletroporação. A exposição das células microbianas a um campo elétrico alternado gera poros em suas membranas plasmáticas (Fellows, 2019). Esse estresse mecânico-elétrico reduz a termorresistência dos microrganismos, permitindo que a inativação letal ocorra em temperaturas e tempos muito inferiores aos do processo convencional.

## 2.2. Sinergia entre Parâmetros e Matrizes Alimentares

Para a máxima eficiência do sistema de obstáculos, as variáveis do AO devem ser moduladas conforme a matriz fluida, algo inviável em sistemas a vapor tradicionais. O AO converte energia elétrica em térmica de forma volumétrica e instantânea, e a calibração desse obstáculo elétrico depende do gradiente de voltagem, frequência e sólidos solúveis (°Brix): Polpa de Manga: Fluido viscoso e não newtoniano sujeito a incrustações (*fouling*). O uso de 15 a 20 V/cm atinge a pasteurização (70–80 °C) em segundos, inativando as enzimas pectinase e peroxidase antes que ocorra a quebra da estrutura de pectina (Priyadarshini *et al.*, 2023). Polpa de Abacaxi: Apresenta maior acidez e condutividade elétrica (menor resistência). Frequências baixas (50–60 Hz) e calor abaixo de 90 °C evitam a caramelização e o *off-flavor* (sabor de cozido). Essa especificidade exige inversores de frequência ajustáveis para controlar a barreira elétrica em tempo real, mitigando o risco de fuga térmica (*thermal runaway*). A Tabela 1 resume a comparação entre os métodos, evidenciando a superioridade do aquecimento ôhmico na manutenção da qualidade química.

**Tabela 1 – Parâmetros em polpas processadas por tecnologia de obstáculos (AO) vs. Convencional.**

Parâmetro Analisado	Aquecimento Convencional	Aquecimento Ôhmico (Obstáculo Coordenado)	Impacto Relativo / Retenção
Vitamina C (mg/100g)	22,5	31,8	+ 41,3% de retenção no AO
Compostos Fenólicos	Médio Teor	Alto Teor	+ 25,0% de preservação
Consumo de Energia	Alto	Baixo	- 80,0% de demanda energética
Tempo de Processo	15 a 20 min	2 a 5 min	- 75,0% de exposição ao calor

Fonte: Adaptado de Priyadarshini *et al.* (2023) e Temelkovska Ristevska *et al.* (2024).

A redução de 75% no tempo de exposição, viabilizada pelo suporte do obstáculo elétrico, preserva até 92% da capacidade antioxidante da manga (Priyadarshini *et al.*, 2023). A validação dessa harmonia multibarreira foi comprovada: o AO a moderados 75 °C associado ao pH nativo e ao benzoato de sódio estendeu a vida útil (*shelf-life*) para 90 dias sob refrigeração, mantendo o *flavor* de fruta fresca e aceitação superior a 8,0 na escala hedônica (Temelkovska Ristevska *et al.*, 2024). O investimento inicial do AO é compensado pela redução de 80% no consumo energético (Silva *et al.*, 2021) e pelo forte apelo comercial de um produto *premium*.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração do Aquecimento Ôhmico (AO) sob a ótica da Tecnologia de Obstáculos é um avanço sustentável para polpas tropicais. O AO atua via eletroporação celular como um obstáculo biológico que reduz a termorresistência microbiana. Isso viabiliza binômios tempo/temperatura brandos que, aliados ao pH nativo, refrigeração e doses mínimas de conservantes, estendem a vida útil para 90 dias preservando as qualidades nutricionais e sensoriais. Como recomendações operacionais para a agroindústria, deve-se aplicar a modulação por matriz utilizando inversores de frequência para aplicar de 15 a 20 V/cm na manga e frequências de 50–60 Hz abaixo de 90 °C no abacaxi para evitar a caramelização. Também é indispensável monitorar a condutividade elétrica para evitar a fuga térmica (*thermal runaway*), padronizar o pH e os sólidos solúveis (°Brix) na recepção para garantir a reprodutibilidade do obstáculo elétrico, e utilizar eletrodos de titânio com higienização CIP para mitigar incrustações (*fouling*).

### REFERÊNCIAS

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. Disponível em: <https://www.grupoa.com.br/tecnologia-do-processamento-de-alimentos-4ed-p10065>. Acesso em: 4 mai. 2026.

GAVAHIAN, M.; CHU, Y.-H. Ohmic heating for fruit pulp processing: review on thermodynamic properties and energy efficiency. **Journal of Food Engineering**, v. 315, n. 2, p. 102-115, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110750>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026087742100250X>. Acesso em: 4 mai. 2026.

PRIYADARSHINI, A. et al. Preservation of bioactive compounds in tropical fruit pulps using ohmic heating: kinetics of enzymatic inactivation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 84, n. 1, p. 45-58, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103280>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146685642300012X>. Acesso em: 4 mai. 2026.

SILVA, F. V. M. et al. Tecnologias térmicas emergentes no processamento de frutas e vegetais: uma revisão sobre o aquecimento ôhmico e micro-ondas. **Revista de Engenharia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 115-128, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22456/2318-2401.112450>. Disponível em: [https://seer.ufrgs.br/index.php/revista\\_ea/article/view/112450](https://seer.ufrgs.br/index.php/revista_ea/article/view/112450). Acesso em: 4 mai. 2026.

TEMELKOVSKA RISTEVSKA, R. et al. Hurdle technology applied to mango pulp stabilization through combined ohmic heating, pH reduction, and preservatives. **Food Control**, v. 156, n. 4, p. 204-216, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110115>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671352300485X>. Acesso em: 4 mai. 2026.