

# AQUECIMENTO ÔHMICO: POTENCIAL ALTERNATIVA PARA O PROCESSAMENTO DE PRODUTOS CÁRNEOS

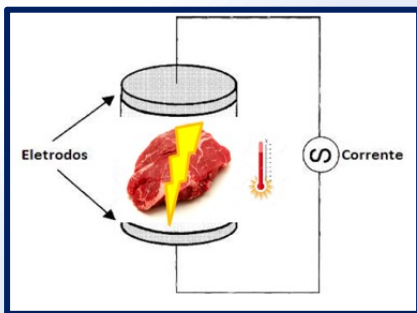
**Celso F. Balthazar<sup>1</sup>, Tatiana C. Pimentel<sup>2</sup>, Adriano G. Cruz<sup>3</sup>, Eliane T. Mársico<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Veterinária,

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, Paranaíba, PR,

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Departamento de Alimentos

contato: celsofasura@id.uff.br



O aquecimento ôhmico é uma tecnologia sustentável e eficiente do ponto de vista econômico, sendo capaz de proporcionar benefícios nos parâmetros de qualidade intrínsecos dos produtos cárneos.

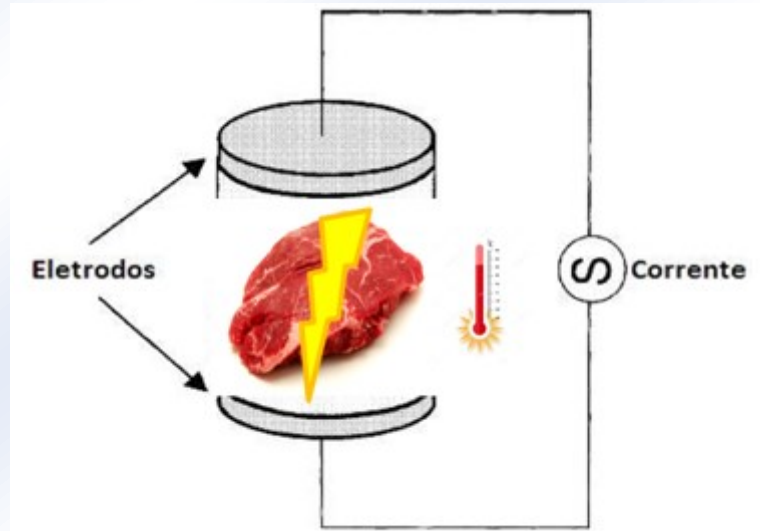
## INTRODUÇÃO

A produção global de carne tem crescido consistentemente a cada ano, alcançando 365 milhões de toneladas em 2022, com um aumento de 0,8% liderado pelos principais países produtores de carne: China, Brasil, Austrália, Vietnã e Argentina. Apesar do reconhecimento nutricional da importância da carne na dieta humana, preocupações surgem devido à contribuição significativa da pecuária e outras atividades humanas para as emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global.

Desta forma, a preocupação com a crescente demanda alimentar diante do aumento populacional global levanta questões sobre a sustentabilidade da produção de alimentos. Recentemente, tem-se observado um aumento significativo na demanda por carne, o que intensifica ainda mais essa preocupação. Diante desse cenário, surge o aquecimento ôhmico (AO) como uma tecnologia promissora, oferecendo uma abordagem inovadora para processar alimentos de forma mais eficiente e sustentável. Este artigo explora o impacto do AO na produção de carne e suas implicações econômicas e ambientais, destacando suas vantagens e desafios em relação aos métodos convencionais de processamento de alimentos.

O aquecimento ôhmico (AO) é uma tecnologia térmica não convencional, cujo princípio é a aplicação de campo elétrico aos alimentos para facilitar a dissipação de calor e eletricidade, resultando em modificações físico-químicas, estruturais e sensoriais, além de proporcionar segurança alimentar pela inativação de microrganismos por eletroporação e aquecimento (Fig. 1). Em comparação com o aquecimento térmico convencional, o AO demonstra maior velocidade, eficiência e menor custo energético (Fig. 2) já que necessita de menor tempo para atingir os parâmetros estipulados no processo.

**Figura 1.** Esquema do processamento térmico de produtos cárneos por aquecimento ôhmico, onde a corrente elétrica circula entre os eletrodos conectados a uma fonte de alimentação alternada. A carne aquece em função da passagem da corrente elétrica comportando-se como uma resistência. Forte: Autoria própria.



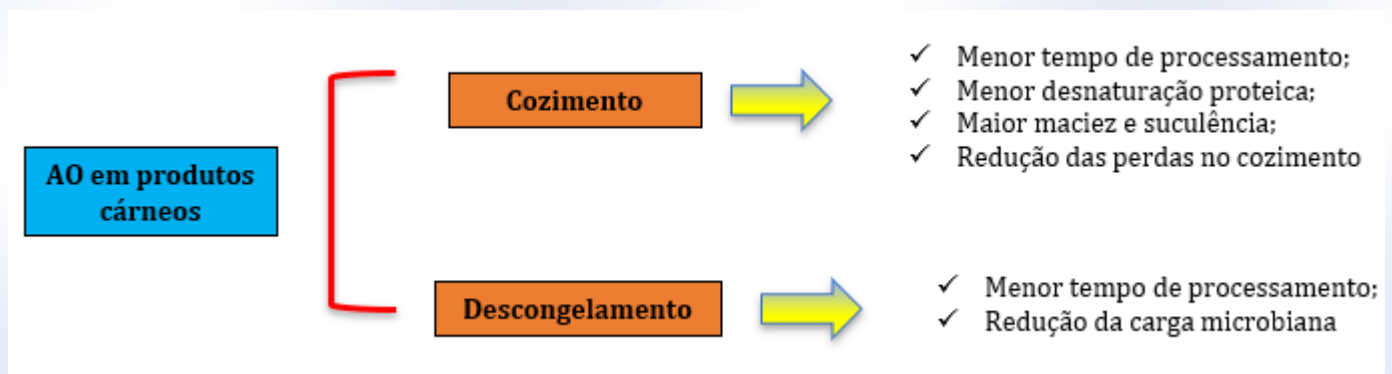
### Aquecimento ôhmico em produtos cárneos

Em relação às características físicas dos produtos alimentícios, o AO afeta a formação de géis proteicos ao induzir modificações nas estruturas das proteínas, resultando em géis com características diferentes daqueles formados por sistemas térmicos convencionais. Os géis tratados por AO podem apresentar variações em sua viscosidade, capacidade de retenção de água, solubilidade e firmeza. Os efeitos específicos do AO em géis proteicos depende de fatores como o tipo de proteína e as condições do tratamento como parâmetros de força de campo elétrico, condutividade do produto, tempo e temperatura do processamento. O aquecimento ôhmico em produtos cárneos apresenta inúmeras, em particular nas etapas inerentes como o descongelamento ôhmico (DO) e do cozimento ôhmico (CO) já descritos na literatura, como a redução do tempo de processo até a minimização da desnaturação de proteínas e a melhoria das características sensoriais e texturas (Fig 2).

No contexto do cozimento de carnes, o método influencia as propriedades microestruturais e sensoriais da carne, pois o calor mais baixo ou os tempos de processamento mais curtos podem evitar ou minimizar a desnaturação proteica, resultando em menor perda pelo cozimento e manutenção ou aumento da maciez, suculência e intensidade do sabor. A aplicação de AO em produtos cárneos demonstra possíveis vantagens em termos de segurança alimentar e eficiência do processo, pois altera o alinhamento das miofibrilas, preservando a integridade celular. A carne tratada pelo AO apresenta uma estrutura mais compacta, sugerindo melhor textura e firmeza em comparação com outros métodos, métodos alternativos. A compreensão da composição do produto cárneo e aditivos é essencial para se estabelecer os parâmetros mais adequados para uma distribuição homogênea de calor e reduzir o tempo de processamento, melhorando a eficiência e a qualidade dos produtos cárneos produzidos.

No descongelamento ôhmico (DO), método promissor, que oferece tempo de descongelamento mais rápido e menor consumo de energia que os métodos tradicionais. Apesar das complicações relacionadas ao contato do eletrodo e à distribuição não homogênea em amostras de alimentos sólidos, os benefícios do método incluem o aquecimento volumétrico e uma distribuição de temperatura mais uniforme dentro do produto. A alteração na estrutura da carne durante o tratamento térmico está associada a mudanças nas proteínas miofibrilares. Nesse sentido, a DO poderia induzir a desnaturação das proteínas miofibrilares, afetando sua funcionalidade e resultando em variações na dureza e em outras características de textura, levando a uma menor deformação e ao afrouxamento das miofibrilas de colágeno e à redução da remoção do tecido adiposo, contribuindo para dureza do produto. A redução do tempo do descongelamento de carnes por AO em comparação aos métodos tradicionais é favorecido pela passagem direta da corrente elétrica pelos microcristais, porção aquosa das células musculares e sais, que conduzem a eletricidade, enquanto o uso de ar a transferência de calor ocorre por convecção, sendo mais lenta. Alguns estudos indicam que mesmo a tensões moderadas (50 V) ou campo elétrico baixo (13 V/cm), o resultado do descongelamento é eficiente em termos de tempo, uso energético do processo e qualidade do alimento, com mínimo impacto no pH.

**Figura 2.** Aplicações do aquecimento ôhmico (AO) em produtos cárneos.

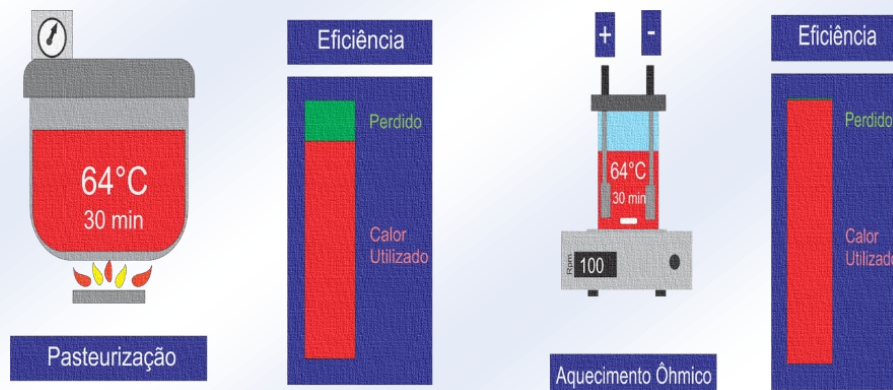


Do ponto de vista econômico e sustentável, o AO é uma tecnologia que utiliza a energia elétrica como combustível, podendo ser gerada a partir de fontes de energia renováveis, como hidrelétrica, solar e eólica. A aplicação do AO no processamento de produtos cárneos apresenta um consumo de energia notadamente reduzido, sendo considerado uma vantagem econômica. A eficiência do AO está em sua capacidade de gerar calor diretamente nos produtos, levando a tempos de processamento reduzidos em comparação com os métodos tradicionais (Fig. 3). Isso resulta em menor consumo de energia, o que contribui para a economia de custos e melhora a eficiência econômica geral. Além disso, a distribuição precisa e uniforme do calor do AO garante condições ideais de processamento, minimizando as perdas de produtos e melhorando a qualidade dos produtos. A exposição mais curta do produto cárneo ao processamento térmico pode evitar a desnaturação da proteína e manter a textura e o sabor original do produto. A adaptabilidade da tecnologia a vários tipos de alimentos permite a versatilidade na produção, oferecendo benefícios econômicos por meio do aumento da produtividade e da redução do



uso de recursos. Portanto, AO é capaz de reduzir o tempo de produção, o uso de recursos e a geração de subprodutos residuais. Dessa forma, tal processo é uma alternativa capaz de revolucionar a maneira como os alimentos são processados, ajudando a aumentar a produtividade e a reduzir o impacto ambiental da indústria alimentícia.

**Figura 2.** Comparação entre a eficiência de processo de pasteurização entre o processo convencional (esquerda) e aquecimento ôhmico (direita). O aquecimento ôhmico é mais econômico, pois praticamente todo calor gerado é utilizado para aquecer o produto, enquanto no método tradicional. Fonte: próprio autor.



### Limitações a serem consideradas no AO

Apesar das vantagens do AO em comparação com os métodos térmicos tradicionais, essa tecnologia tem algumas limitações que devem ser consideradas para sua aplicação segura e eficaz; o investimento inicial em equipamentos de AO e o custo de operação e manutenção podem ser significativos, restringindo seu uso em indústrias de pequeno e médio porte bem como a aplicação de campos elétricos de alta intensidade e/ou irregulares pode gerar pontos de superaquecimento, levando à formação de zonas com textura e sabor inconsistentes. Além disso, a contaminação dos alimentos devido à corrosão dos eletrodos ou à solubilização de metais sob condições específicas de pH também pode ser um problema, tornando necessário o desenvolvimento de métodos eficazes para evitar a incrustação e a migração de metais. Ainda há pouco conhecimento sobre os efeitos dessa tecnologia na qualidade de produtos cárneos, tornando necessários mais estudos para expandir a viabilidade de sua aplicação.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aquecimento ôhmico apresenta eficácia em várias aplicações para produtos cárneos, como descongelamento e cozimento, com vantagens comprovadas na redução do tempo de processamento e no aumento da preservação dos parâmetros de qualidade intrínsecos do produto. Estudos devem ser realizados visando a otimização de seus parâmetros a serem utilizados, que é dependente de cada produto cárneos.

Adicionalmente é muito importante avaliar os produtos resultantes em testes sensoriais com consumidores para que haja um entendimento completo e essa tecnologia pode ser explorada em sua totalidade.

## REFERÊNCIAS

1. ÁNGEL-RENDÓN, S. V. et al. Pork meat prepared by different cooking methods. A microstructural, sensorial and physicochemical approach. *Meat Science* v. 163, p. 108089, 2020.
2. CAI, L. et al. Recent advances in food thawing technologies. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, v. 18, n. 4, p. 953–970, 2019.
3. JANTAPIRAK, S. et al. Effects of heating method, temperature, initial nitrite level, and storage time on residual nitrite, pigments, and curing efficiency of chicken sausages. *Int J Food Prop*, v. 26, n. 1, p. 2186-2200, 2023.
4. SINGH, H. et al. Ohmic heating equipment for the food industry. In: RAMASWAMY, H. S. (Ed.). *Emerging Thermal Processes Food Industry*. Woodhead Publishing, 2023. p. 245-260.
5. ZHANG, Y. et al. A comprehensive review of the principles, key factors, application, and assessment of thawing technologies for muscle foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, v. 22, n. 1, p. 107–134, 2023.

