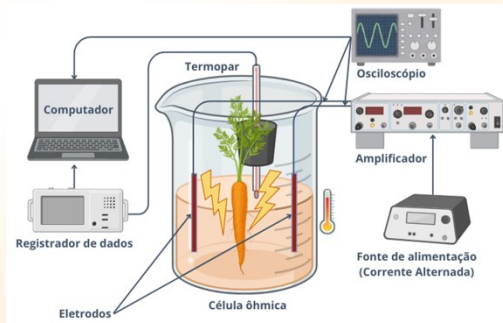


APLICAÇÃO DO AQUECIMENTO ÔHMICO EM CENOURA E DERIVADOS

Jean Lucas Ribeiro de Farias¹, Luciano Lucchetta¹, Alexandre da Trindade Alfaro¹, Fabiane Picinin de Castro Cislighi¹, Tahis Regina Baú^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação Multicampi em Tecnologia de Alimentos (PPGTAL-FB/LD), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.; ²Instituto Federal de Santa Catarina, São Miguel do Oeste – SC. E-mail: jeanlucasfarias@hotmail.com



O aquecimento ôhmico preserva o conteúdo de β -caroteno e outros compostos com atividade antioxidante em cenoura e derivados, além de manter a coloração desses produtos.

INTRODUÇÃO

O processamento térmico convencional, por meio de condução e convecção, pode ocasionar redução da qualidade nutricional e sensorial dos alimentos, devido à possibilidade de superaquecimento em algumas regiões do produto. Como alternativa, pode ser utilizado o aquecimento ôhmico (AO), que é uma tecnologia emergente baseada na conversão da energia elétrica em térmica, capaz de promover maior uniformidade e rapidez no aquecimento do alimento (Astráin-Redín *et al.*, 2024).

O AO pode ser aplicado para cocção ou preservação de vegetais, como alternativa aos tratamentos térmicos convencionais. A cenoura e derivados são importantes fontes de vitaminas, fibras, minerais e fitoquímicos, destacando-se pela presença de compostos fenólicos, carotenoides, poliacetilenos e vitamina C. Entretanto, parte destes compostos podem ser degradados em função dos tratamentos térmicos convencionais que aplicam condições mais intensas de tempo e temperatura.

A cenoura e seus derivados podem ser submetidos ao AO (Astráin-Redín *et al.*, 2024; Debbarma *et al.*, 2021; Gratz *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2021), contribuindo significativamente para melhorar sua qualidade sensorial e nutricional. Assim, este trabalho reúne os relatos mais recentes da literatura científica sobre a aplicação de AO em cenoura e derivados, em relação às características microbiológicas, físicas e químicas desses alimentos.

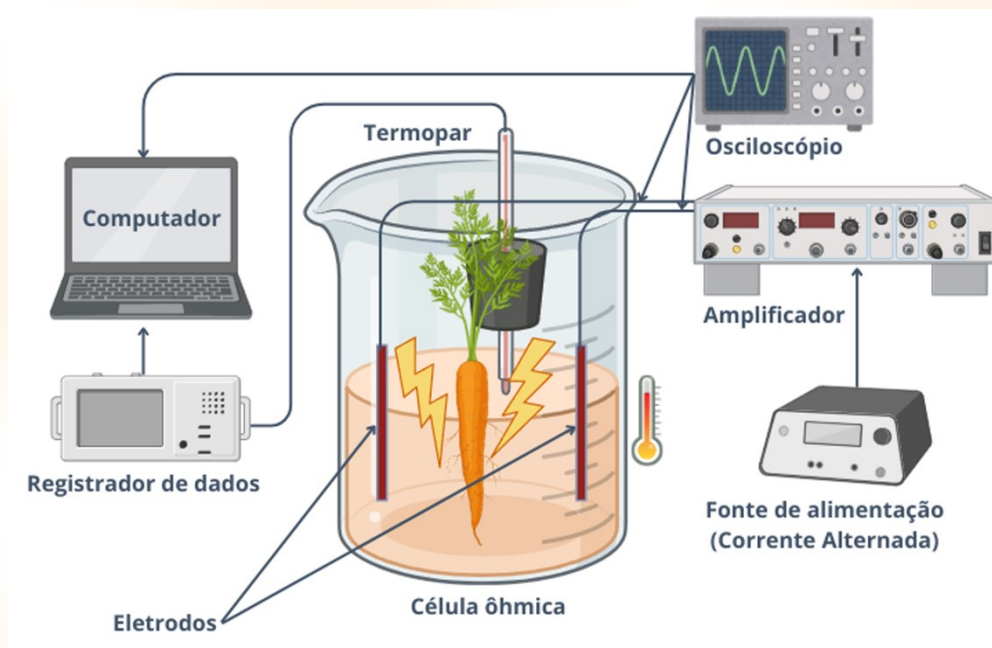
AQUECIMENTO ÔHMICO EM CENOURA E DERIVADOS

Princípio do método

O AO também é conhecido por aquecimento Joule ou por aquecimento por resistência elétrica, pois trata-se de um processo de aquecimento em que o alimento recebe uma corrente elétrica diretamente, dissipando a energia pelo produto (Figura 1). Logo, o princípio desse método de conservação é dependente da condutividade elétrica do produto. O AO pode ser utilizado para o branqueamento de produtos vegetais, evaporação, desidratação, processos fermentativos, esterilização, pasteurização e outros. É caracterizado por causar aquecimento uniforme do produto, inativar microrganismos e enzimas. A inativação microbiana ocorre em função da combinação de aquecimento e formação de poros nas membranas celulares devido ao acúmulo de cargas elétricas (Balthazar *et al.*, 2024).

Durante a aplicação de AO na cenoura e seus derivados, ocorre a passagem de uma corrente elétrica alternada entre os eletrodos, e o produto se comporta como um resistor elétrico ao receber a corrente alternada (Figura 1), promovendo o aquecimento uniforme e eletroporação.

Figura 1. Esquema geral do aquecimento ôhmico em cenoura.



Fonte: Autoria própria (2024).

Aplicação em cenoura e derivados

O AO recentemente foi aplicado no cozimento de cenouras e no tratamento térmico de derivados como sucos e purês (Quadro 1). O emprego desta tecnologia em cenouras e derivados demonstra ser promissora, uma vez que contribui para a preservação da cor, do conteúdo de β -caroteno e outros compostos com atividade antioxidante, inativa enzimas, confere maior estabilidade microbiológica e manutenção das características sensoriais quando comparado aos métodos de processamento

convencionais. Além disso, o uso do AO reduz o tempo de processamento, evita o superaquecimento dos produtos e, por isso, contribui com a economia energética, quando comparado com tratamentos térmicos convencionais.

Ainda que os efeitos da aplicação do AO sejam positivos nas características microbiológicas, sensoriais e funcionais da cenoura e derivados, há alguns limitadores para sua aplicação na indústria de alimentos. Neste contexto, pode-se citar o alto custo para ser implementado em escala industrial, necessidade de conhecimento aprofundado da condutividade elétrica do produto, possível corrosão dos eletrodos durante o processamento e eventuais problemas de textura em função do uso de parâmetros não apropriados.

Quadro 1 – Parâmetros de processamento da cenoura e seus derivados por aquecimento ôhmico e os principais achados.

Alimento	Parâmetros utilizados	Principais achados	Referência
Suco de cenoura	Frequência: 60 kHz; Tensão máxima do campo elétrico: 120 V/cm; Características da célula: 2,5 L (33,5 cm X 9,8 cm).	Estabilidade microbiológica por 60 dias a 4 °C; Inativação da polifenoloxidase; Preservação da cor, sabor e conteúdo de carotenos.	Rodríguez <i>et al.</i> (2021)
	Frequência: 60 kHz; Tensão do campo elétrico: 15-25 V/cm; Características da célula: 500 mL; Taxa de aquecimento: 0,43 a 1,17 °C/s.	Estabilidade microbiológica e sensorial de até 10 dias; Preservação do conteúdo fenólico, teor de β -caroteno e cor.	Debbarma <i>et al.</i> (2021)
Purê de cenoura	Frequência: 12 kHz; Tensão do campo elétrico: 500 V; Características da célula: composta por duas cavidades (interna com 230 mL e externa com 1570 mL); Potência máxima: 15 kW.	Redução efetiva dos contaminantes microbiológicos; Minimização de danos por cozimento; Maior preservação de cor e de compostos bioativos.	Gratz <i>et al.</i> (2021)
Cenoura cozida	Condutância: 12 kHz até 110 °C; Tensão do campo elétrico: 500-1000 V; Potência aplicada: 1, 1,5 e 2 kW/kg; Características da célula: 24 × 12 × 9 cm.	Obtenção de taxa de cozimento uniforme; Redução dos tempos de cozimento em 30,92%, 53,03% e 62,96% para 1, 1,5 e 2 kW/kg; Redução de energia quando comparado com o cozimento tradicional.	Astráin-Redín <i>et al.</i> (2024)

Fonte: Autoria própria (2024).

Perspectivas futuras

Para viabilizar sua aplicação na indústria, são necessários estudos em escala industrial para produtos vegetais, como a cenoura, para que seja possível validar o comportamento observado em



escala piloto. Isto contribuirá para a verificação da viabilidade do investimento, visando um *payback* atrativo. Além do uso como tratamento térmico, o AO também pode ser aplicado na extração e recuperação de compostos bioativos dos subprodutos gerados no processamento de sucos e purês de cenoura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aquecimento ôhmico (AO) apresenta-se como uma tecnologia promissora para o processamento de cenoura e seus derivados, oferecendo vantagens significativas em termos de qualidade nutricional e sensorial dos produtos finais. Ao contrário dos métodos convencionais de aquecimento, o AO proporciona um aquecimento uniforme, reduzindo o risco de superaquecimento e a consequente degradação de compostos bioativos valiosos, como carotenoides e compostos fenólicos. O AO se destaca por ser eficaz na preservação da cor, sabor, e valor nutricional, além de inativar microrganismos e enzimas indesejáveis, aumentando a estabilidade microbiológica dos produtos.

Por outro lado, é importante apontar algumas limitações do uso de AO em escala industrial, os quais incluem custos elevados de implantação, necessidade de entendimento detalhado da condutividade elétrica dos alimentos e possíveis problemas de corrosão dos eletrodos. Portanto, é necessário avançar na otimização dos parâmetros de processamento e garantir que a tecnologia possa ser aplicada de maneira eficiente em larga escala, com viabilidade técnica e econômica.

REFERÊNCIAS

- ASTRÁIN-REDÍN, Leire *et al.* Ohmic cooking of carrots: Limitations in the use of power input and cooking value for process characterization. **Journal of Food Engineering**, v. 370, p. 111974, 2024.
- BALTHAZAR, C.F.; PIMENTEL, T.C.; CRUZ, A.G.; MÁRSICO, E.T. Aquecimento ôhmico: potencial alternativa para o processamento de produtos cárneos. **Revista Técnica da Agroindústria**, vol. 01, n. 01, 2024.
- DEBBARMA, Tanima *et al.* Comparative analysis of ohmic and conventional heat-treated carrot juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 9, p. e15687, 2021.
- GRATZ, Maximilian *et al.* Gentle sterilization of carrot-based purees by high-pressure thermal sterilization and ohmic heating and influence on food processing contaminants and quality attributes. **Frontiers in nutrition**, v. 8, p. 643837, 2021.
- RODRÍGUEZ, Livia M. Negri *et al.* Comparison of the quality attributes of carrot juice pasteurized by ohmic heating and conventional heat treatment. **LWT**, v. 145, p. 111255, 2021.

