

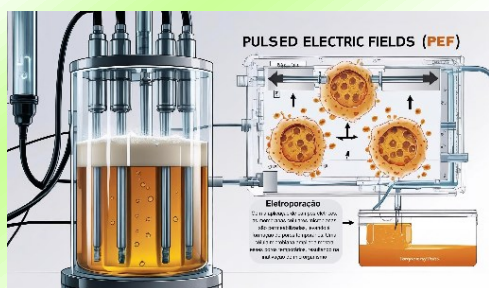
APLICAÇÃO DE CAMPOS ELÉTRICOS PULSADOS NA CONSERVAÇÃO DE CERVEJAS: ANÁLISE DE EFICÁCIA MICROBIANA E IMPACTO NA QUALIDADE

Michael Sarabia Batista¹, Marianne Ayumi Shirai¹, Neusa Fátima Seibel¹, Danielle Cristina Barreto Honorato Ferreira², Fábio Martins Campos²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) ²Instituto Federal do Paraná (IFPR)

Contato: michaelsarabiabatista@alunos.utfpr.edu.br

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15809121>



A aplicação de Campos Elétricos Pulsados (CEP) na cerveja promove a inativação microbiana e melhora atributos sensoriais como turbidez e amargor, mas exige ajustes no material dos eletrodos para evitar perdas de compostos bioativos.

INTRODUÇÃO

A pasteurização é o método convencional de preservação da cerveja, garantindo estabilidade microbiológica, mas frequentemente compromete suas qualidades sensoriais devido à exposição ao calor. Em resposta à demanda por produtos de maior qualidade e vida útil, tecnologias não térmicas, como os Campos Elétricos Pulsados (CEP), surgem como alternativas promissoras. O CEP é uma técnica de processamento não térmico que utiliza pulsos curtos de campos elétricos de alta intensidade (10-80 kV/cm), com duração em microssegundos a milissegundos, para inativar microrganismos. O princípio baseia-se na eletroporação, onde o campo elétrico induz a formação irreversível de poros nas membranas celulares microbianas, tornando-as inviáveis. Esta abordagem difere de métodos como a Alta Pressão Hidrostática (HHP) por sua capacidade de operação contínua, e da irradiação ultravioleta (UV) por não ser afetada pela opacidade do produto. Microrganismos deteriorantes comuns na cerveja, como *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum* e *Bacillus subtilis*, podem causar turbidez, alterações no sabor, acidez e problemas de filtrabilidade. Além da eficácia antimicrobiana, a pesquisa em CEP na cerveja explora seu impacto em características como amargor, turbidez e conteúdo de compostos bioativos, bem como a potencial migração de materiais dos eletrodos, visando uma preservação eficiente e a manutenção da qualidade do produto final (Yang *et al.*, 2016).

Exemplos de equipamentos e câmaras de processamento CEP são ilustrados na Figura 1, demonstrando a diversidade de configurações para tratamentos estáticos/batch, em cuvette ou contínuos.

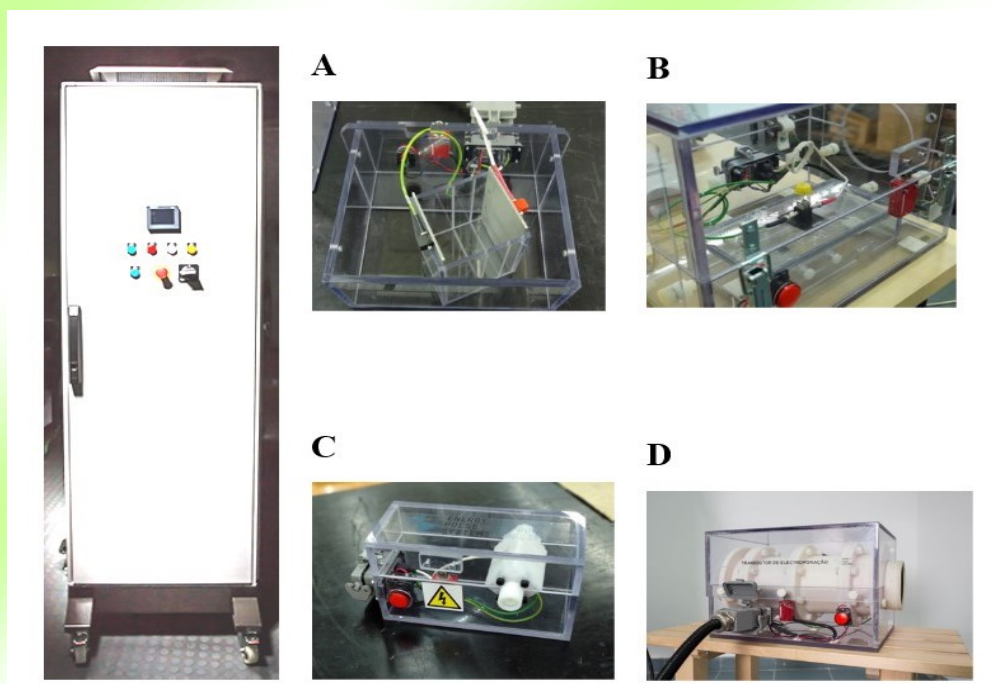


Figura 1. Equipamento CEP (A) e câmaras de processamento PEF estático/batch (B), cuvette (C) e contínuo DN10 (D). Fonte: iALIMENTAR. Campos elétricos pulsados na ciência e indústria alimentar. (2023).

DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

Eficácia Microbiológica do CEP

A aplicação de Campos Elétricos Pulsados (CEP) na cerveja tem sido investigada para determinar sua eficácia na inativação microbiana e seus efeitos nas características de qualidade. Em um estudo com cerveja não pasteurizada, a aplicação de 200, 300 ou 400 pulsos de CEP utilizando um gerador de alta voltagem protótipo demonstrou redução significativa na contagem de microrganismos sob armazenamento refrigerado por até 72 horas (Oziembłowski & Drózdź, 2017). A contagem total de bactérias na amostra controle variou de 1.78×10^5 a 9.50×10^5 unidades formadoras de colônia (UFC)/mL. O tratamento com CEP resultou em uma diminuição da contagem total de bactérias em todas as condições testadas, sendo a maior redução observada com 400 pulsos. O crescimento de bolores foi detectado apenas na amostra controle e na amostra tratada com 200 pulsos, após 48 e 72 horas. Notavelmente, não foi encontrada presença de leveduras na cerveja submetida a 400 pulsos de CEP durante todo o período de armazenamento refrigerado. A eficácia da inativação microbiana pelo CEP é influenciada pela intensidade do tratamento, espécie microbiana e temperatura. Leveduras são geralmente menos resistentes ao CEP do que bactérias devido ao seu maior tamanho celular, exigindo campos elétricos mais fortes para inativar células menores (Yang *et al.*, 2016).

Impacto nas Características Físico-Químicas e Sensoriais

O tratamento com CEP também afetou o amargor e a turbidez da cerveja. Uma redução estatisticamente significativa no amargor foi observada, variando de 11.0 a 12.0 IBU após CEP, em comparação com 21.0 IBU na amostra controle. Similarmente, a turbidez da cerveja controle (21.2 NTU) foi significativamente reduzida após o CEP, atingindo 11.3 NTU com 400 pulsos. Esses resultados são considerados benéficos para a qualidade da cerveja.

No entanto, um impacto negativo foi observado na atividade antioxidante determinada pelo método ABTS e no conteúdo de polifenóis. Houve uma diminuição estatisticamente significativa em ambos os parâmetros após a aplicação de CEP, com a maior redução após 200 pulsos (Oziembłowski & Drózdź, 2017).

Migração de Materiais dos Eletrodos

Uma preocupação significativa no processamento com CEP é a potencial migração de metais dos eletrodos para o produto. Foi observado um aumento significativo nas concentrações de Fe, Cr, Zn e Mn nas amostras de cerveja tratadas com CEP, em comparação com as amostras controle. Essa migração resultou em uma degradação estatisticamente significativa no sabor e na sensação na boca da cerveja, com alguns painelistas relatando uma sensação metálica. Embora o CEP utilize pulsos bipolares para minimizar a migração, a necessidade de parâmetros de processo acima do potencial crítico de membrana dos microrganismos pode aumentar a liberação de íons (Evrendilek *et al.*, 2004). A otimização dos materiais dos eletrodos é crucial para minimizar esse impacto negativo na qualidade sensorial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de Campos Elétricos Pulsados (CEP) na cerveja demonstra ser uma alternativa promissora à pasteurização convencional, com comprovada eficácia na redução da carga microbiana, incluindo bactérias, bolores e leveduras. O aumento do número de pulsos de CEP correlacionou-se com uma maior inativação microbiana. Adicionalmente, o tratamento com CEP resultou em benefícios sensoriais, como a diminuição do amargor e da turbidez da cerveja. No entanto, o CEP impactou negativamente a atividade antioxidante e o conteúdo de polifenóis, indicando uma perda de compostos bioativos. A migração de íons metálicos dos eletrodos para a cerveja foi identificada como um desafio significativo, comprometendo o sabor do produto. Para a viabilidade comercial do CEP na indústria cervejeira, futuras pesquisas devem focar no desenvolvimento e otimização de materiais de eletrodos que minimizem a liberação de metais, garantindo a segurança microbiológica, qualidade sensorial e manutenção de compostos bioativos da cerveja.



REFERÊNCIAS

EVRENDILEK, G. A.; LI, S.; DANTZER, W. R.; ZHANG, Q. H. Pulsed Electric Field Processing of Beer: Microbial, Sensory, and Quality Analyses. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 8, p. M228-M232, 2004.

MILANI, E. A.; ALKHAFI, S.; SILVA, F. V. M. Pulsed Electric Field continuous pasteurization of different types of beers. **Food Control**, v. 50, p. 223-229, 2015.

OZIEMBŁOWSKI, M.; DRÓŹDŹ, M. Impact of pulsed electric field on the quality of unpasteurized beer. In: **2017 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)**. 2017.

WALKLING-RIBEIRO, M.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, O.; JAYARAM, S. H.; GRIFFITHS, M. W. Processing temperature, alcohol and carbonation levels and their impact on pulsed electric fields (PEF) mitigation of selected characteristic microorganisms in beer. **Food Research International**, v. 44, n. 8, p. 2524-2533, 2011.

YANG, N.; HUANG, K.; LYU, C.; WANG, J. Pulsed electric field technology in the manufacturing processes of wine, beer, and rice wine: A review. **Food Control**, v. 61, p. 28-38, 2016.