

## ARTIGO TÉCNICO

# OZÔNIO COMO AGENTE SANITIZANTE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: APLICAÇÃO, VANTAGENS E DESVANTAGENS

Karine Silva Amorim, Fernando Silva Chagas, Celso Martins Belisário,

Marco Antônio Pereira da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Campus Rio Verde

Contato/email: kamorim25@hotmail.com



## ★ DESTAQUE

*O ozônio é um sanitizante de amplo espectro de ação aplicável a produtos alimentícios e uma alternativa sustentável à indústria de alimentos, com potencial de reduzir o uso de água no processamento.*

## 1. INTRODUÇÃO

O ozônio ( $O_3$ ) não é uma tecnologia nova — seu uso como agente antimicrobiano remonta ao início do século XX, quando foi adotado no tratamento de água potável na Europa. Na indústria de alimentos sua adoção deve-se a confirmação do status GRAS pelo FDA nos Estados Unidos. O potencial de oxidorredução de 2,07 V supera o do cloro (1,36 V), o que explica a eficácia documentada contra bactérias, fungos e vírus presentes na superfície dos alimentos (Kim; Yousef; Dave, 1999). Ao contrário dos halogenados, o  $O_3$  se decompõe em oxigênio molecular e não apresenta resíduos detectáveis nos alimentos ou na água de processo característica que simplifica a gestão de efluentes e afasta preocupações toxicológicas associadas aos compostos clorados.

A expansiva restrição ao uso de hipoclorito de sódio em vários países, motivada pela formação de trihalometanos e outros compostos organoclorados durante o tratamento, deu visibilidade para tecnologias alternativas. O cloro reage com matéria orgânica e gera subprodutos persistentes no ambiente, com risco à saúde humana e às águas residuais. Sarron, Gadonna-Widehem e Aussenac (2021) revisaram essas limitações e sinalizaram o ozônio como opção viável para a indústria de alimentos. A aprovação pelo FDA para contato direto com alimentos, confirmada pelo Federal Register de 2001, fortaleceu a adoção industrial nos Estados Unidos e serviu de referência regulatória para outros mercados (United States, 2001).

## 2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

### 2.1 Aplicação operacional do ozônio na indústria de alimentos

O ozônio pode ser aplicado dissolvido em água ou na fase gasosa. Na forma aquosa, o sistema de injeção contínua em fluxo dinâmico é mais indicado, pois mantém a concentração estável ao longo de todo o ciclo de lavagem relevante porque a meia-vida do ozônio em água é curta, especialmente em temperaturas elevadas, e qualquer queda na concentração compromete a eficácia microbicida. A eficácia desse sanitizante depende do controle simultâneo de concentração, tempo de contato, temperatura, pH e carga de matéria orgânica. Em vegetais cortados, o dano tissular libera sucos celulares ricos em compostos orgânicos que consomem o ozônio antes que ele exerça ação antimicrobiana na superfície do produto. Na prática industrial, a demanda pode ser duas a três vezes maior do que em produtos inteiros impacto direto nos custos de geração e consumo energético.

Na fase gasosa, o ozônio atua no armazenamento pós-colheita em câmaras com umidade relativa acima de 80%. Para tomates, reduz a produção de etileno — hormônio diretamente envolvido no amadurecimento — prolongando a vida útil em até dez dias. Para cenouras, doses de aproximadamente 15  $\mu\text{L/L}$  aplicadas por oito horas diárias demonstraram controle fúngico eficaz com dano mínimo ao produto (Chauhan *et al.*, 2011). Concentrações acima, contudo, provocaram descoloração superficial e perda de turgidez — a janela operacional é estreita e o excesso pode ser tão prejudicial quanto a dose insuficiente. A combinação com atmosfera modificada e refrigeração controlada permite sustentar a inativação microbiana sem pressionar a concentração do gás, estratégia especialmente relevante para minimamente processados, onde o dano tissular eleva a demanda de ozônio e o risco de injúria ao produto.

## 2.2 Vantagens e desvantagens do uso do ozônio

A água tratada com ozônio pode ser reutilizada por até oito horas — contra duas a três horas da solução clorada — com redução de até 60% no consumo hídrico da linha (Sarron; Gadonna-Widehem; Aussenac, 2021). Do ponto de vista microbicida, a eficácia alcança reduções de 1 a 3 log UFC/g em mesófilos aeróbios, coliformes e bolores, dependendo da matriz e das condições de processo (Miller; Silva; Brandão, 2013); microrganismos resistentes aos halogenados permanecem sensíveis ao  $O_3$ . O custo dessa eficácia tem contrapartida operacional: o gás precisa ser gerado in loco, é tóxico acima de 0,1 ppm no ambiente de trabalho e exige monitoramento contínuo com equipamentos específicos (Chauhan *et al.*, 2011; Sarron; Gadonna-Widehem; Aussenac, 2021). O pH alcalino acelera a decomposição do  $O_3$  em radicais hidroxila de meia-vida muito curta, reduzindo a concentração antimicrobiana disponível. O passo a passo do uso do ozônio na higienização de alimentos (Figura 1), e os benefícios de seu uso em comparação ao cloro (Quadro 1).

**Figura 1 – Passo a passo da aplicação do ozônio nos alimentos na indústria.**



Fonte: Autores, 2026.

**Quadro 1 – Comparação entre ozônio e cloro como sanitizantes na indústria de alimentos.**

Critério	Ozônio	Cloro
<b>Origem</b>	Natural (O <sub>3</sub> )	Sintético (NaClO)
<b>Resíduos nos alimentos</b>	Não deixa resíduos	Pode deixar resíduos
<b>Subprodutos tóxicos</b>	Nenhum	Trihalometanos e outros
<b>Ação antimicrobiana</b>	Bactérias, fungos e vírus	Principalmente bactérias
<b>Potencial oxidante</b>	2,07 V (superior)	1,36 V (inferior)
<b>Reutilização da água</b>	Até 8 horas	2 a 3 horas
<b>Consumo hídrico</b>	Reduz até 60%	Alto consumo
<b>Danos ao produto</b>	Possível em dose elevada	Afeta firmeza e cor
<b>Aprovação regulatória</b>	FDA aprovado	Proibido em alguns países
<b>Custo operacional</b>	Gerado in loco	Menor custo inicial

Fonte: Adaptado de Sarron et al. (2021); Kim; Yousef; Dave (1999).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução de até 60% no consumo hídrico e a ausência de subprodutos tóxicos fazem do ozônio a alternativa mais coerente ao cloro para indústrias sob pressão regulatória e ambiental crescente. Esse sanificante possui eficácia antimicrobiana contra bactérias, fungos e vírus, com reduções documentadas de 1 a 3 log UFC/g, sem geração de resíduos nos alimentos nem de compostos tóxicos. O uso exige, controle rigoroso de concentração, pH e matéria orgânica; parâmetros desconsiderados comprometem simultaneamente a eficácia e a qualidade do produto. O custo de implantação e a complexidade operacional são superiores ao cloro, o que exige avaliação criteriosa para cada escala de produção. Estudos em condições brasileiras ainda são poucos, e essa lacuna representa oportunidade concreta de pesquisa com impacto direto na indústria nacional.

**REFERÊNCIAS**

CHAUHAN, O. P. *et al.* Effectiveness of ozone in combination with controlled atmosphere on quality characteristics including lignification of carrot sticks. **Journal of Food Engineering**, v. 102, p. 43-48, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.07.033>

KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**, v. 62, n. 9, p. 1071-1087, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-62.9.1071>

MILLER, F. A.; SILVA, C. L. M.; BRANDÃO, T. R. S. A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. **Food Engineering Reviews**, v. 5, p. 77-106, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9064-5>

SARRON, E.; GADONNA-WIDHEM, P.; AUSSENAC, T. Ozone treatments for preserving fresh vegetables quality: a critical review. **Foods**, v. 10, n. 3, p. 605, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10030605>

UNITED STATES. **Food and Drug Administration. Secondary direct food additives permitted in food for human consumption.** Federal Register, v. 66, n. 123, p. 33829-33830, 2001. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2001/06/26/01-15960/secondary-direct-food-additives-permitted-in-food-for-human-consumption>.