

ARTIGO TÉCNICO

TECNOLOGIAS USADAS NO PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS PARA INIBIR O CRESCIMENTO MICROBIANO E DETERIORAÇÃO

Autores: Jaderson Jose Ivanir Lopes¹; Jaqueline Milagres de Almeida¹;
Eliane Maurício Furtado Martins¹; Isabela Campelo de Queiroz¹; Maurilio
Lopes Martins¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas
Gerais –Campus Rio Pomba.

Autor para correspondência (e-mail): maurilio.martins@ifsudestemg.edu.br



★ DESTAQUE

Ozônio, água eletrolisada, ácido peracético, atmosfera modificada, revestimentos comestíveis, plasma frio, radiação UV-C e ultrassom ampliam a vida útil e reduzem a contaminação microbológica de frutas e hortaliças minimamente processadas.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas aumentou significativamente nos últimos anos, refletindo a busca do consumidor por praticidade aliada a hábitos alimentares mais saudáveis. Esses produtos são submetidos às etapas de seleção, lavagem, descascamento, corte e

embalagem, mantendo características similares às do alimento in natura (Moretti, 2007; Santos *et al.*, 2021).

Embora o processamento mínimo facilite o consumo e reduza o desperdício, ele também promove a exposição dos tecidos vegetais, o que favorece a multiplicação microbiana. Além disso, as operações de manipulação aceleram processos fisiológicos indesejados, impactando diretamente na vida útil do produto (Kluge *et al.*, 2016).

Diante desse cenário, o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias de conservação tornam-se fundamentais para reduzir a multiplicação de microrganismos sem comprometer a qualidade nutricional e os atributos sensoriais que são valorizados pelo consumidor.

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

O processamento mínimo apresenta desafios relacionados à contaminação microbiológica e à redução da vida útil dos produtos, pois durante as etapas de seleção, corte, lavagem e embalagem, pode ocorrer contaminação por bactérias patogênicas e fungos deterioradores, além da contaminação cruzada. *Salmonella* spp., estirpes patogênicas de *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* estão frequentemente associadas a surtos de doenças de origem alimentar, tornando o controle microbiológico fundamental para garantir a segurança e preservação da qualidade dos produtos (Finger *et al.*, 2023).

Os compostos clorados, especialmente hipoclorito de sódio, são amplamente utilizados como sanitizantes devido à sua eficiência e baixo custo. Entretanto, a formação de subprodutos tóxicos e as preocupações ambientais estimulam a busca por tecnologias mais sustentáveis (Finger *et al.*, 2023).

Embora o hipoclorito de sódio permaneça como o sanitizante mais utilizado devido ao baixo custo e à elevada eficiência, sua aplicação tem sido questionada pela formação potencial de subprodutos tóxicos e pelos impactos ambientais. Nesse contexto, tecnologias como ozônio, ácido peracético, água eletrolisada, radiação UV-C e ultrassom surgem como alternativas promissoras. O ozônio, aplicado geralmente em concentrações de 0,5 a 3 mg L⁻¹ por 2 a 10 minutos, apresenta elevada capacidade oxidante e não deixa resíduos químicos, embora exija controle rigoroso das condições de uso. O ácido peracético mantém alta eficácia antimicrobiana em concentrações de 60 a 100 ppm, mesmo na presença de matéria orgânica, enquanto a radiação UV-C, empregada em doses entre 1 e 5 kJ m⁻², promove eficiente descontaminação superficial. O ultrassom, operando normalmente entre 20 e 40 kHz, favorece a remoção de biofilmes e potencializa a ação de sanitizantes

quando utilizado de forma combinada, reforçando o potencial dessas tecnologias como alternativas mais sustentáveis para o processamento mínimo de frutas e hortaliças (Finger *et al.*, 2023).

Segundo Feldberg *et al.* (2024), revestimentos comestíveis e embalagens ativas também apresentam resultados promissores. Os revestimentos formam uma barreira protetora contra perda de umidade e contaminação, enquanto as embalagens ativas liberam compostos antimicrobianos ou antioxidantes durante o armazenamento. Nesse contexto, óleos essenciais de alho, orégano, canela e cravo-da-índia têm se destacado pela ação antimicrobiana natural e redução da necessidade de conservantes sintéticos em alimentos.

As tecnologias disponíveis apresentam diferentes relações entre custo, eficiência microbiológica e aplicabilidade industrial. Métodos químicos convencionais continuam sendo economicamente mais acessíveis para pequenas agroindústrias, enquanto tecnologias físicas como plasma frio, UV-C e ultrassom exigem maior investimento inicial em equipamentos. Em contrapartida, essas tecnologias reduzem ou eliminam resíduos químicos, atendendo às exigências atuais por processos mais sustentáveis. Dessa forma, a escolha da tecnologia depende do tipo de produto, escala de produção, infraestrutura disponível e tempo de armazenamento pretendido.

Entre as tecnologias físicas, radiação UV-C, ultrassom e plasma a frio demonstram elevada eficiência na redução da carga microbiana. Essas técnicas atuam na descontaminação superficial e na remoção de biofilmes, preservando as características nutricionais e sensoriais dos alimentos (Finger *et al.*, 2023). Assim, a combinação de tecnologias químicas, físicas (Quadro 1) e biológicas constitui uma estratégia eficaz para aumentar a segurança microbiológica, preservar a qualidade e prolongar a vida útil de minimamente processados.

Quadro 1 - Tecnologias utilizadas no controle microbiológico de produtos minimamente processados.

Tecnologia	Mecanismo	Vantagens	Limitações	Produto recomendado	Parâmetros operacionais
Ozônio	Oxidação celular	Sem resíduos; alta eficiência	Alto custo dos geradores; pode causar fitotoxicidade	Folhosas, tomate, maçã	0,5–3 ppm; 2–10 min
Ácido peracético	Oxidação	Atua mesmo com matéria orgânica	Maior custo	Hortaliças folhosas	60–100 ppm; 1–5 min
Água eletrolisada	Cloro ativo + ORP elevado	Sustentável; fácil aplicação	Instabilidade da solução	Vegetais folhosos	pH 2,5–6,5; ORP >800 mV
Atmosfera modificada	Redução O ₂ / aumento CO ₂	Aumenta vida útil	Pode favorecer anaeróbios se mal aplicada	Frutas frescas	O ₂ 2–5%; CO ₂ 5–10%
UV-C	Dano ao DNA microbiano	Processo rápido	Baixa penetração	Morango, tomate, alface	1–5 kJ/m ²
Plasma frio	Espécies reativas	Alta eficiência	Equipamento caro	Frutas delicadas	30–300 s
Ultrassom	Cavitação	Remove biofilmes	Necessita associação com sanitizantes	Hortaliças	20–40 kHz; 5–15 min
Revestimentos comestíveis	Barreira física	Reduz perda de água	Aplicação adicional	Frutas climatéricas	Quitossana 1–2%
Óleos essenciais	Compostos antimicrobianos	Naturais	Alteração sensorial	Frutas minimamente processadas	0,05–0,5%

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Finger *et al.* (2023) e Oliveira *et al.* (2024).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento mínimo continuará crescendo em função da demanda por alimentos frescos e práticos, exigindo tecnologias capazes de assegurar qualidade microbiológica sem comprometer atributos sensoriais e nutricionais. Nenhuma tecnologia, entretanto, apresenta desempenho ideal quando utilizada isoladamente, uma vez que limitações relacionadas ao custo, eficiência, aplicabilidade e impacto sobre o alimento ainda persistem.

Nesse cenário, a tecnologia de barreiras (Hurdle Technology) representa uma das principais tendências para o setor, ao combinar métodos físicos, químicos e biológicos em intensidades moderadas, obtendo efeito sinérgico sobre a redução microbiana e aumentando a vida útil dos

produtos. A integração entre ozônio, atmosfera modificada, revestimentos comestíveis, plasma frio, radiação UV-C e antimicrobianos naturais apresenta elevado potencial para reduzir o uso de conservantes sintéticos e atender às exigências de consumidores e órgãos reguladores.

Além da segurança microbiológica, observa-se crescente preocupação com sustentabilidade, redução do consumo de água, diminuição da geração de resíduos químicos e eficiência energética dos processos. Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias integradas, sustentáveis e economicamente viáveis deverá orientar as pesquisas e a inovação industrial nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

FINGER, J. A. F. F. *et al.* Minimally processed vegetables in Brazil: an overview of marketing, processing, and microbiological aspects. **Foods**, v. 12, n. 11, art. 2259, 2023. DOI: 10.3390/foods12112259.

KLUGE, R. A. *et al.* **Processamento mínimo de hortaliças: princípios e práticas**. Piracicaba: ESALQ, 2016. 85 p. (Série Produtor Rural, n. 62).

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 531 p

SILVESTRO, M.F.; BALBINOT, L.; ROSSI, M. G.; SILOCHI, R. M. H. Q.; CASARIL, K. B. P. B. Hortaliças e frutas minimamente processadas: perfil dos consumidores e qualidade microbiológica. **Revista Faz Ciência**, v. 26, n. 44, 2024. DOI: 10.48075/rfc.v26i44.32821.

SANTOS, L. S. *et al.* Microbial quality and labeling of minimally processed fruits and vegetables. **Bioscience Journal**, v. 37, e37036, 2021. DOI: 10.14393/bj-v37n0a2021-53734.