



REBRAM

REVISTA BRASILEIRA MULTIDISCIPLINAR

e-ISSN: 2527-2675

Efeito do gás ozônio na qualidade microbiológica e bromatológica do queijo coalho comercializado em Manaus, Amazonas

Luana Santiago de Magalhães; Kelven Wladie dos Santos Almeida Coelho; Joel Lima da Silva Júnior

Pedro de Queiroz Costa Neto;

Expedita Maria de Oliveira Pereira

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Autor para correspondência e-mail: luana.zootecnista@gmail.com

Palavras-chave

ozonização;

salmonela;

Staphylococcus

aureus.

Keywords:

ozonation;

salmonella;

Staphylococcus

aureus

Resumo: O queijo coalho artesanal apresenta elevada variabilidade microbiológica devido às condições de produção e comercialização, o que pode comprometer sua segurança sanitária. Tecnologias como a ozonização têm sido investigadas como alternativas para a redução microbiana sem causar alterações físico-químicas ao produto. Este estudo avaliou o efeito do gás ozônio na composição química e na carga microbiológica de queijo tipo coalho comercializado em feiras municipais de Manaus, Amazonas. Foram coletadas 36 amostras em quatro feiras, submetidas à exposição ao gás ozônio a 6,0 ppm pelos períodos de três e seis horas. As análises microbiológicas foram realizadas conforme a Instrução Normativa nº 62 do MAPA, enquanto as análises bromatológicas seguiram metodologias do Instituto Adolfo Lutz. A ozonização promoveu redução significativa ($p < 0,05$) nas contagens de *Staphylococcus aureus*, coliformes totais, bolores e leveduras, sendo o tempo de seis horas o mais eficaz. Não foram observadas alterações significativas ($p > 0,05$) na composição química, com exceção de leve variação nos teores de proteína. Conclui-se que a ozonização em 6,0 ppm por seis horas é eficiente na redução microbiana sem comprometer as características bromatológicas do queijo coalho artesanal.

Abstract: Artisanal coalho cheese typically presents high microbiological variability due to production and marketing conditions, which may compromise food safety. Ozonation has been investigated as an alternative technology to reduce microbial load while preserving the physicochemical characteristics of the product. This study evaluated the effect of ozone gas on the chemical composition and microbiological load of coalho cheese marketed in municipal fairs in Manaus, Amazonas, Brazil. Thirty-six samples were collected from four markets and exposed to ozone gas at 6.0 ppm for three and six hours. Microbiological analyses followed the Brazilian Ministry of Agriculture Normative Instruction No. 62, while bromatological analyses were conducted according to the Adolfo Lutz Institute. Ozonation promoted a significant reduction ($p < 0.05$) in *Staphylococcus aureus*, total coliforms, molds, and yeasts, with the 6-hour exposure showing the greatest effectiveness. No significant differences ($p > 0.05$) were observed in chemical composition, except for slight variation in protein levels. Ozonation at 6.0 ppm for six hours is effective for microbial reduction without altering the bromatological characteristics of artisanal coalho cheese.



doi [10.25061/2527-2675/ReBraM/2026.v29i2.2989](https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2026.v29i2.2989)

Introdução

O queijo coalho é um produto tradicional brasileiro com relevância socioeconômica e cultural, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde seu consumo é amplamente difundido e sua produção frequentemente ocorre de forma artesanal (Freitas et al., 2009; Araújo et al., 2020). A legislação nacional estabelece que o leite destinado à fabricação de queijos deve ser submetido à pasteurização ou tratamento térmico equivalente, a fim de garantir a redução da carga microbiana e a eliminação de patógenos de interesse em saúde pública (Brasil, 2001). Contudo, diversos estudos apontam que grande parte do queijo coalho comercializado no Brasil é produzida a partir de leite cru e submetida a manipulação inadequada, o que amplia significativamente o risco de contaminação microbiológica (Duarte et al., 2005; Nascimento et al., 2003).

A contaminação por micro-organismos deteriorantes e patogênicos em queijo coalho é recorrente, destacando-se gêneros como *Staphylococcus aureus*, coliformes totais, *Escherichia coli*, fungos filamentosos e leveduriformes e *Salmonella spp.*, frequentemente encontrados em níveis superiores aos limites estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil, 2019). Esses micro-organismos podem estar presentes tanto devido à qualidade do leite utilizado quanto às deficiências higiênico-sanitárias durante o processamento, armazenamento e comercialização (Silva et al., 2024; Souza et al., 2021). O transporte e a exposição em feiras a temperaturas inadequadas agravam o risco de multiplicação microbiana, tornando o produto um potencial veículo de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) (Silva et al., 2021; Brasil, 2019).

Nesse cenário, tecnologias emergentes de descontaminação vêm ganhando destaque, especialmente aquelas capazes de reduzir micro-organismos patogênicos sem comprometer as características físico-químicas ou sensoriais do alimento. Entre essas tecnologias, o gás ozônio tem sido amplamente estudado devido ao seu forte potencial oxidante, elevada eficiência antimicrobiana e ausência de resíduos tóxicos após sua decomposição (Silva, 2023; Oliveira et al., 2024). Seu mecanismo de ação envolve a oxidação de componentes estruturais das células microbianas, incluindo lipídios de membrana, proteínas, ácidos nucleicos e enzimas essenciais, promovendo danos irreversíveis e rápida inativação (Pereira et al., 2024; Souza et al., 2021).

A eficácia do ozônio já foi comprovada em diversas matrizes alimentares, como carnes, hortaliças, pescados, superfícies de processamento e leite (Coutos et al., 2016; Santos, 2013). No entanto, alimentos com estrutura densa e teor lipídico mais elevado, como queijos, podem apresentar resistência diferenciada à ação do gás, uma vez que compostos orgânicos podem reagir com o ozônio e reduzir sua disponibilidade para atuar diretamente sobre os micro-organismos (Couto et al., 2016; Santos, 2013). Assim, conhecer o comportamento do ozônio em matrizes específicas torna-se fundamental para avaliar sua viabilidade como tecnologia de conservação.

Diante da necessidade de estratégias eficazes para melhorar a segurança microbiológica do queijo coalho artesanal comercializado em Manaus, AM. Com esse trabalho objetivou-se avaliar se o gás ozônio tem efeito na carga microbiológica e na composição bromatológica do queijo tipo coalho comercializado em feiras municipais de Manaus, AM.

Metodologia

Amostragem

As amostras de queijo coalho foram coletadas em quatro feiras públicas do município de Manaus, Amazonas, em dias distintos: F1 – Feira da Aparecida, Zona Sul (3° 07' 31" S, 60° 01' 44" W); F2 – Feira do Coroadó, Zona Leste (3° 05' 42" S, 59° 58' 57" W); F3 – Feira Manaus Moderna, Centro (3° 08' 27" S, 60° 01' 20" W); e F4 – Feira Modelo da Compensa, Zona Oeste (3° 06' 35" S, 60° 03' 21" W). Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas com gelo reciclável e transportadas até o Laboratório de Nutrição Animal, localizado no Campus Universitário (UFAM), bairro Coroadó I, Manaus, Amazonas (3° 06' 21" S, 59° 58' 37" W). O tempo médio de deslocamento de cada feira até o laboratório foi de aproximadamente 8 minutos (F2), 20 minutos (F1 e F3) e 30 minutos (F4). Em cada feira, foram selecionadas aleatoriamente três bancas comercializadoras de queijo coalho, mediante sorteio. De cada banca, foram coletadas três amostras de aproximadamente 250 g, cada uma retirada de uma peça de queijo diferente, selecionadas por sorteio, totalizando nove amostras por feira e 36 amostras no total (4 feiras × 3 bancas × 3 amostras). A coleta em cada feira foi realizada em um único dia, sendo as quatro feiras amostradas em semanas distintas, de modo que não houve coincidência temporal entre as coletas dos diferentes pontos de amostragem.

As amostras foram imediatamente acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável, conforme recomendado para a manutenção da integridade microbiológica e físico-química de produtos lácteos frescos (Forsythe, 2013). Em seguida, foram transportadas ao laboratório de Nutrição Animal situado na UFAM, mantidas sob refrigeração a 8,0°C durante um dia para posterior análises, respeitando diretrizes de transporte de alimentos perecíveis descritas pela legislação sanitária brasileira (Brasil, 2019).

Tratamento com gás ozônio

As amostras foram identificadas e distribuídas em bandejas poliestireno expandido (EPS) dentro de uma câmara construída com caixa de EPS vedada, na qual foi acoplado um gerador de ozônio (modelo OP 32, Interozone do Brasil). A escolha desse tipo de ponto de venda foi fundamentada no fato de que feiras livres representam um dos principais ambientes de comercialização de produtos artesanais, nos quais frequentemente são observadas condições higiênico-sanitárias inadequadas e maior risco de contaminação microbiológica (Silva et al., 2024; Santos et al., 2021).

O ozônio foi aplicado em concentração de 6,0 ppm nos tempos de 0,0 h (controle), 3 h e 6 h. O experimento foi conduzido em delineamento fatorial 4 × 3, sendo os fatores avaliados a feira de origem (quatro níveis: F1, F2, F3 e F4) e o tempo de exposição ao ozônio (três níveis: T0 – controle/sem ozonização, T1 e T2), com três repetições por tratamento. As três bancas amostradas em cada feira constituíram as repetições: de cada banca, as três amostras de queijo coalho (250,0 g, provenientes de peças distintas) foram distribuídas aleatoriamente entre os três tempos de tratamento com ozônio, de forma que cada banca contribuiu com uma amostra para cada nível do fator tempo. Esse delineamento resultou em 36 unidades experimentais (4 feiras × 3 tempos de tratamento × 3 repetições).

Análises microbiológicas

As análises foram conduzidas conforme protocolos da Instrução Normativa nº 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011), metodologia amplamente utilizada para a avaliação da qualidade microbiológica de leite e derivados. A escolha dessa normativa garante padronização metodológica e comparabilidade dos resultados com limites legais.

Diluição e preparo das amostras

Para cada amostra de 250,0 g, retirou-se assepticamente uma porção com 25g, transferida para Frasco tipo Erlenmaeyer contendo 225 mL de solução salina peptonada 0,1%, para obtenção da diluição 10^{-1} . Foram preparadas diluições seriadas até 10^{-3} para posterior semeadura em meios específicos.

Enumeração de micro-organismos indicadores

Contagem de coliformes totais inoculados em ágar verde brilhante bile (Violet Red Bile), meio seletivo que contém bile e cristal violeta, inibindo gram-positivos, durante 48h com temperatura de 37°C.

Contagem de *Escherichia coli* inoculação em ágar bile vermelho violeta (EMB), durante 48h com temperatura de 37°C.

Contagem de *Staphylococcus aureus* contagem em Ágar Manitol Salgado, durante 48h com temperatura de 37°C.

Contagem de fungos filamentos e leveduriformes cultivados em ágar batata dextrose (BDA) acidificado com ácido tartárico, durante 2-7 dias com temperatura de 25°C.

Para todas as análises foram utilizadas 3 placas por diluição. Em todas as análises, foram utilizadas placas com contagens entre 25 e 250 unidades formadoras de colônias por grama (UFC/g), conforme critérios microbiológicos internacionais.

Pesquisa de *Salmonella spp.*

A detecção de *Salmonella spp.* seguiu os seguintes passos: Pré-enriquecimento em solução peptonada tamponada 1,0%. Enriquecimento seletivo em Caldo Rappaport-Vassiliadis em tubo 10 mL e Caldo Selenito Cistina em tubo 9 mL, em banho maria à 41°C durante 24h-30h. seguida de incubação a 35 ± 1 °C por 24 a 48 horas. Colônias suspeitas em Ágar XLD (colônias rosas a vermelhas, com ou sem centro negro) e em Ágar Verde Brilhante (colônias rosas a vermelhas circundadas por halo avermelhado) foram selecionadas para confirmação bioquímica. Para tanto, uma colônia isolada de cada placa foi transferida por inoculação com alça de platina para os meios Ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI), Ágar Lisina Ferro (LIA) e meio SIM (Sulfeto-Indol-Motilidade), com incubação a 35 ± 1 °C por 24 a 48 horas. A interpretação dos resultados bioquímicos seguiu os critérios clássicos: no TSI, reação alcalina no bisel e ácida na base, com ou sem produção de H_2S e gás; no LIA, alcalinização da base com produção de H_2S ; e no SIM, motilidade positiva, produção de H_2S e indol negativo, resultados compatíveis com o perfil bioquímico de *Salmonella spp.*

A metodologia foi realizada conforme a Instrução Normativa nº 60/2019 do MAPA e a American Public Health Association (APHA, 2015).

Análises bromatológicas

As análises físico-químicas foram realizadas com base nos métodos oficiais do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Umidade e matéria seca: obtidas após liofilização utilizando o modelo L108 marca Liotop, operando com temperatura de prateleira de -50 ± 2 °C e pressão de câmara inferior a 100 µmHg ($< 0,1$ mbar), por um período de 48 a 72 horas, até obtenção de massa constante. Proteína bruta: quantificada pelo método Kjeldahl, considerado padrão internacional por medir o nitrogênio total presente na amostra. Lipídios: extraídos pelo método Bligh & Dyer, (bligh; dyer, 1959). Cinzas: obtidas por incineração forno mufla à 550°C. Cloretos: determinados pelo método argentimétrico de Mohr.

As análises foram realizadas em triplicata para garantir reprodutibilidade e controle de variação analítica (AOAC, 2016).

Análise estatística

Os dados microbiológicos foram transformados em $\log^{10}$ (UFC/g). Em seguida, aplicou-se análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey (5%), utilizando delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial, executado no software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011).

Resultados e discussão

As análises microbiológicas realizadas nas 36 amostras de queijo coalho revelaram níveis elevados de contaminação inicial, com ampla prevalência de micro-organismos indicadores de condições higiênicossanitárias inadequadas. As análises microbiológicas realizadas nas 36 amostras de queijo coalho revelaram níveis elevados de contaminação inicial (grupo controle), evidenciando ampla prevalência de micro-organismos indicadores de condições higiênico-sanitárias inadequadas (Tabela 1). Os valores médios observados no grupo controle foram de $2,58 \times 10^6$ UFC/g ($\log_{10} = 6,41$) para *Staphylococcus aureus*, $1,52 \times 10^6$ UFC/g ($\log_{10} = 6,18$) para coliformes totais, $2,73 \times 10^6$ UFC/g ($\log_{10} = 6,44$) para bolores e leveduras e $7,06 \times 10^5$ UFC/g ($\log_{10} = 5,85$) para *Escherichia coli*. Esses valores confirmam a vulnerabilidade microbiológica do produto quando fabricado artesanalmente e comercializado em feiras livres, corroborando os achados de (Barros et al. 2022; Freitas filho et al. 2009; oliveira, Evêncio neto e Paiva 2022), que destacam o queijo coalho artesanal como um alimento crítico no contexto da segurança alimentar.

O ozônio é um agente oxidante de amplo espectro, com ação sobre membranas celulares, lipídios, proteínas e enzimas essenciais, promovendo lise celular e inativação microbiana (Silva, 2023; Souza et al., 2024). Além disso, sua rápida decomposição em oxigênio molecular o torna uma alternativa tecnológica ambientalmente vantajosa, sem formação de resíduos no alimento (Oliveira et al., 2024).

Efeito da ozonização sobre micro-organismos indicadores:

A aplicação do gás ozônio na concentração de 6,0 ppm resultou em redução significativa ($p < 0,05$) das contagens de *S. aureus*, coliformes totais e fungos filamentosos e leveduriformes, sendo o tempo de exposição de seis horas o mais eficaz. Esses resultados reforçam o potencial antimicrobiano do ozônio, cuja eficiência está associada à sua elevada capacidade oxidante e à ação direta sobre constituintes celulares essenciais, como lipídios de membrana, proteínas e sistemas enzimáticos (Silva, 2023; Souza et al., 2024).

A redução observada para *Staphylococcus aureus*, embora estatisticamente significativa ($p < 0,05$), correspondeu a aproximadamente 1,06 ciclo logarítmico (de 6,41 para 5,35 $\log_{10}$ UFC/g, controle e seis horas, respectivamente), valor inferior à redução obtida para coliformes totais (1,38 log) e, especialmente, para bolores e leveduras (2,20 log) no mesmo período de exposição. Esse comportamento diferencial, em que bactérias Gram-positivas apresentam maior resistência à ação oxidante do ozônio em comparação a bactérias Gram-negativas e fungos, já havia sido relatado por (Panebianco et al. 2022), sendo atribuído à maior espessura e complexidade da parede celular peptidoglicânica das bactérias Gram-positivas, que confere maior resistência à penetração do gás. Cabe destacar que, mesmo após a redução observada, a contagem final de *S. aureus* ($2,24 \times 10^5$ UFC/g) permaneceu acima do limite máximo estabelecido pela Instrução Normativa ANVISA nº 161/2022 para estafilococos coagulase positiva em queijos de alta umidade, indicando que o tratamento de ozonização nas condições testadas (6,0 ppm por seis horas) não foi suficiente, isoladamente, para adequar o produto aos padrões microbiológicos legais vigentes para esse micro-organismo.

Comportamento diferencial em fungos filamentosos e leveduriformes

Os resultados evidenciaram que a maior redução numérica absoluta ocorreu para bolores e leveduras, com queda de 6,44 para 4,24 $\log_{10}$ UFC/g (redução de 2,20 ciclos logarítmicos) entre o controle e o tratamento de seis horas. Contudo, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$) aplicado ao conjunto de médias da Tabela 1, os valores referentes a bolores e leveduras nos três tempos avaliados (controle, três e seis horas) não diferiram estatisticamente entre si, sendo identificados pela mesma letra. Esse resultado indica que, embora numericamente expressiva, a redução observada para bolores e leveduras não atingiu significância estatística nas condições experimentais testadas, possivelmente em razão da elevada variabilidade amostral, refletida no coeficiente de variação de 28,84% obtido na análise. Esse comportamento contrasta com a sensibilidade de fungos ao ozônio relatada na literatura, atribuída à degradação oxidativa de componentes da membrana e da parede celular fúngica (Xue; Mcleod; Blaxland, 2023; Premjit et al., 2022), sugerindo que fatores intrínsecos à matriz do queijo coalho, como a elevada densidade proteica e lipídica, podem ter limitado a penetração e a ação efetiva do gás sobre a microbiota fúngica presente.

Tabela 1. Médias dos valores de unidade formadora de colônia (UFC/g) em queijo coalho quando exposto ao gás ozônio (controle, 3 ppm e 6 ppm).

Tratamentos x Micro-organismos		log ₁₀ (UFC/g)
3 horas	Coliformes totais	5,33a
	<i>Escherichia coli</i>	4,87a
	Bolores e leveduras	5,32a
	<i>Staphylococcus aureus</i>	5,86a
6 horas	Coliformes totais	4,80c
	<i>Escherichia coli</i>	4,56ab
	Bolores e leveduras	4,24a
	<i>Staphylococcus aureus</i>	5,35bc
Controle	Coliformes totais	6,18a
	<i>Escherichia coli</i>	5,85a
	Bolores e leveduras	6,44a
	<i>Staphylococcus aureus</i>	6,41a
CV (%)		28,84

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$);
CV – Coeficiente de variação.

A interferência do ozônio na composição bromatológica do queijo coalho artesanal é um aspecto de relevância nutricional e tecnológica, uma vez que alterações em macronutrientes podem comprometer o valor nutritivo e as características sensoriais do produto. Compostos orgânicos, especialmente lipídios e proteínas, podem reagir com o ozônio, diminuindo sua disponibilidade para atuar sobre microrganismos (Santos, 2013; Kim et al., 2000), fenômeno denominado "demanda de ozônio", amplamente descrito na literatura como fator limitante em matrizes alimentares densas (Pascual; Llorca; Canut, 2007).

As análises bromatológicas (Tabela 1) demonstraram que a exposição ao ozônio a 6,0 ppm por até seis horas não alterou significativamente ($p > 0,05$) os teores de umidade, matéria seca, lipídios, cinzas e cloretos nas amostras avaliadas, corroborando estudos que indicam que, em determinadas concentrações, o ozônio pode exercer ação antimicrobiana sem modificar substancialmente as características físico-químicas do alimento (Langlais; Reckhow; Brink, 1991; Santos, 2013). Contudo, ressalta-se que a eficácia antimicrobiana observada foi parcial, uma vez que, embora tenham sido constatadas reduções nas contagens microbianas, os valores de *Escherichia coli* permaneceram acima do limite máximo de 10^2 UFC/g estabelecido para queijos pela Instrução Normativa ANVISA nº 161/2022, indicando que as condições de ozonização testadas não foram suficientes para adequar o produto aos padrões microbiológicos legais vigentes.

O teor de proteína apresentou aumento discreto após os tratamentos com ozônio (Tabela 2), resultado que deve ser interpretado com cautela. Tal variação pode estar relacionada à oxidação de frações lipídicas com consequente concentração relativa de proteínas na maté-

ria seca, à variabilidade inerente ao processo artesanal de fabricação entre diferentes produtores e feiras de origem, ou ainda a diferenças na composição inicial das amostras entre os pontos de coleta (F1, F2, F3 e F4). Ressalta-se que as análises bromatológicas foram realizadas na amostra integral, sem distinção entre proteína do substrato lácteo e proteína de origem microbiana, o que pode ter contribuído para a variação observada nos teores proteicos, especialmente nas amostras com maior carga microbiana inicial. Estudos futuros com fracionamento proteico e controle da carga microbiana inicial são recomendados para elucidar esse fenômeno.

Interação entre a estrutura do queijo e a eficácia do gás:

Apesar da eficácia observada, a redução microbiana não foi total em todas as categorias, especialmente para bactérias gram-positivas. Esse comportamento pode ser explicado pela estrutura interna compacta do queijo coalho, que dificulta a penetração homogênea do gás e favorece a permanência de microrganismos em microambientes protegidos.

Tabela 2. Médias dos valores bromatológicos do queijo coalho exposto ao gás ozônio (6 ppm).

Tratamento x Composição		(%)
Controle	Cinzas	3,45a
3 horas		3,19a
6 horas		3,87a
Controle	Cloreto	1,95a
3 horas		1,92a
6 horas		1,78a
Controle	Lipídios	40,27a
3 horas		39,89a
6 horas		38,89a
Controle	Matéria seca	59,32a
3 horas		58,18a
6 horas		58,18a
Controle	Proteína bruta	26,10 a
3 horas		29,21 b
6 horas		27,85 ab
Controle	Umidade	40,68a
3 horas		41,82a
6 horas		42,42a
CV (%)	8,26	

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$; CV – coeficiente de variação.

Implicações tecnológicas e sanitárias:

Os resultados demonstram que a ozonização em 6,0 ppm por seis horas, reduz significativamente a carga microbiana, elimina patógenos críticos como *Staphylococcus aureus*., não altera as características físico-químicas do queijo, pode contribuir para maior segurança sanitária no comércio de queijo coalho artesanal.

Diante do elevado nível de contaminação microbiológica evidenciado nas amostras de queijo coalho artesanal comercializadas em feiras públicas de Manaus, Amazonas, e considerando as precárias condições higiênico-sanitárias frequentemente associadas à produção e comercialização informal desse produto — caracterizada pela ausência ou insuficiência de controle de temperatura, manipulação inadequada e carência de boas práticas de fabricação (BPF) —, a ozonização desponta como tecnologia complementar promissora e de baixo custo operacional.

Conclusão

A ozonização a 6,0 ppm por período de até seis horas revelou-se eficaz na redução das populações microbianas de *Staphylococcus aureus*, coliformes totais, *Escherichia coli* e fungos filamentosos e leveduras, bem como na eliminação de *Salmonella spp.* em amostras de queijo coalho comercializadas em feiras públicas de Manaus, Amazonas. A ausência de alterações estatisticamente significativas nos parâmetros físico-químicos avaliados demonstra que a exposição ao gás ozônio nas condições testadas não compromete a integridade bromatológica do produto. Conclui-se que a ozonização constitui tecnologia promissora para a descontaminação superficial do queijo coalho, caracterizando-se como método físico, sem adição de substâncias exógenas e sem geração de resíduos químicos no produto final. Recomenda-se a realização de estudos adicionais contemplando diferentes concentrações e tempos de exposição ao ozônio, associados a ensaios de vida de prateleira e avaliação sensorial, com vistas à padronização de protocolos aplicáveis às condições reais de comercialização e processamento artesanal desse produto.

Referências

- AOAC International. **Official methods of analysis of AOAC International**. 20. ed. AOAC International. 2016.
- APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 5. ed. American Public Health Association. 2015.
- ARAÚJO, J. B. S.; SILVA, J. S.; OLIVEIRA, M. E. G. Aspectos socioeconômicos e culturais do queijo coalho no Brasil. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 45-53. 2020.
- BARROS, M. A.; SOUZA, V. C.; COSTA, R. G. Qualidade microbiológica de queijo coalho comercializado em feiras livres. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 42, n. 3, p. 1-9. 2022.
- Bligh, E. G.; Dyer, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917. 1959.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Leite e Derivados. Diário Oficial da União. 2001.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2011**. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Diário Oficial da União. 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019**. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União. 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022**. Estabelece os padrões microbiológicos de alimentos. Diário Oficial da União. 2022.
- COUTO, E. A.; SANTOS, R. J.; SILVA, M. V. Aplicação do ozônio na indústria de alimentos: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 3, p. 182-193. 2016.
- DUARTE, D. A.; OLIVEIRA, S. R.; SANTOS, W. L. Qualidade microbiológica do queijo coalho comercializado em feiras de João Pessoa, PB. **Higiene Alimentar**, v. 19, n. 132, p. 85-90. 2005.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2011.
- FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2. ed. Artmed. 2013.
- FREITAS FILHO, J. R.; SOUZA, E. L.; LIMA, F. A. Caracterização e qualidade do queijo coalho artesanal. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n. 3, p. 345-352. 2009.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Instituto Adolfo Lutz. 2008.
- KIM, J.-G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Ozone and its current and future application in the food industry. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 43, p. 167-218. 2000.
- LANGLAIS, B.; RECKHOW, D. A.; BRINK, D. R. (EDS.). **Ozone in water treatment: Application and engineering**. Lewis Publishers. 1991.
- NASCIMENTO, R. S.; COSTA, R. G.; OLIVEIRA, M. E. G. Qualidade do leite cru e do queijo coalho artesanal. **Revista Nacional da Carne**, v. 27, n. 319, p. 112-118. 2003.
- OLIVEIRA, A. C.; SILVA, P. R.; COSTA, F. N. Ozonização como tecnologia emergente na conservação de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 27, e2023012. 2024.
- OLIVEIRA, J. S.; EVÊNCIO NETO, J.; PAIVA, J. E. Segurança microbiológica do queijo coalho artesanal. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 23, n. 1, p. 1-12. 2022.
- PANEBIANCO, F.; CACCAMO, A.; GIUFFRIDA, A. Ozone as a novel sanitizer for the dairy industry: A review. **International Dairy Journal**, v. 127, 105290. 2022.
- PASCUAL, A.; LLORCA, I.; CANUT, A. Use of ozone in food preservation. **Food Science and Technology International**, v. 13, n. 5, p. 367-377. 2007.
- PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, S. A.; VIEIRA, M. A. Mecanismos de ação do ozônio em microrganismos. **Journal of Food Safety and Hygiene**, v. 10, n. 2, p. 89-101. 2024.
- PREMJIT, Y.; PANDEY, V. K.; SRIVASTAVA, S. OZONE: A multifaceted molecule with promising antimicrobial potential. **Food Control**, v. 133, 108610. 2022.
- SANTOS, R. J. Ozonização de alimentos: fundamentos e aplicações. Editora UFV. 2013.
- SANTOS, W. L.; SOUZA, V. C.; COSTA, R. G. Condições higiênico-sanitárias em feiras livres. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 1-10. 2021.

- SILVA, J. S. Potencial antimicrobiano do ozônio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, n. 4, p. 1-8. 2023.
- SILVA, M. A.; SANTOS, R. P.; ALMEIDA, C. R. Qualidade microbiológica de queijos artesanais. **Ciência Rural**, v. 54, n. 2, p. 1-9. 2024.
- SILVA, P. R.; OLIVEIRA, A. C.; COSTA, F. N. Riscos de DTHA associados ao consumo de queijo coalho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, e2020113. 2021.
- SOUZA, E. L.; FREITAS FILHO, J. R.; LIMA, F. A. Contaminação microbiológica em queijo coalho. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 80, e3707. 2021.
- SOUZA, F. M.; BARROS, A. F.; SILVA, J. S. Efeito do ozônio sobre enzimas e sistemas celulares. **Journal of Food Biochemistry**, v. 2024, p. 1-10. 2024.
- XUE, Y.; MACLEOD, D. T.; BLAXLAND, P. Ozone in the food industry: Mechanisms of action and applications. **Foods**, v. 12, n. 5, 1037. 2023.