



O uso de cloro como agente de descontaminação no processamento de aves: Uma crítica abrangente

1. Introdução

A carne de frango é uma fonte essencial de proteína nas cadeias globais de abastecimento alimentar. No entanto, sua produção apresenta desafios microbiológicos que podem comprometer tanto a segurança dos alimentos quanto a saúde dos consumidores. Tradicionalmente, métodos de descontaminação à base de cloro têm sido utilizados na indústria avícola para controlar a contaminação bacteriana. Esses métodos, especialmente o uso de hipoclorito de sódio (cloro), tornaram-se amplamente adotados devido à sua aparente simplicidade inicial e baixo custo.

Apesar de sua ampla utilização, o uso do cloro tem sido cada vez mais questionado, especialmente em relação à sua eficácia, riscos à saúde e impacto na qualidade da carne. Mais preocupante ainda é a crescente evidência do desenvolvimento de resistência bacteriana ao cloro e da formação de subprodutos carcinogênicos, levantando dúvidas sobre sua segurança e adequação a longo prazo. Neste documento, essas preocupações serão analisadas em detalhes, destacando-se as limitações dos métodos de descontaminação à base de cloro e apresentando uma comparação detalhada com o Bio-G-Active, uma alternativa inovadora e significativamente superior.

2. Cloro como agente de descontaminação: Mecanismo de ação

Quando dissolvido em água, o cloro forma ácido hipocloroso (HOCl), um potente agente antimicrobiano que atua interrompendo as funções celulares das bactérias. Esse processo inclui:

- **Desnaturação de proteínas:** O cloro rompe as ligações peptídicas das proteínas bacterianas, resultando na perda de função e na morte celular.
- **Destruição das membranas celulares:** O ácido hipocloroso penetra nas paredes celulares das bactérias, causando danos oxidativos que levam ao vazamento do conteúdo intracelular.
- **Inativação de enzimas:** Enzimas essenciais para o metabolismo e a replicação bacteriana são desativadas, interrompendo o crescimento das bactérias.

Apesar desses mecanismos, a eficácia do cloro depende fortemente de vários fatores, incluindo:

- **Nível de pH:** O cloro é mais eficaz em pH baixo, onde uma maior proporção do ácido hipocloroso permanece não ionizada. À medida que o pH aumenta, a proporção de

íons hipoclorito (OCl^-) cresce, reduzindo significativamente a capacidade desinfetante.

Dependência do pH na eficácia do cloro

A eficácia antimicrobiana do cloro está diretamente relacionada ao pH, pois este influencia a proporção de suas formas ativas em solução. Em pH baixo (entre 4 e 7), o cloro existe predominantemente como ácido hipocloroso (HOCl), altamente eficaz na penetração das paredes celulares bacterianas e na interrupção das funções celulares. No entanto, acima de pH 7,5, uma parte significativa do cloro se converte em íons hipoclorito (OCl^-), que têm uma eficácia desinfetante muito menor. Quando o pH ultrapassa 8,5, quase todo o cloro está presente na forma de hipoclorito, reduzindo drasticamente sua atividade bactericida. Esse efeito é particularmente problemático no processamento de aves, onde o pH da água de processo pode flutuar devido à carga orgânica e à presença de substâncias alcalinas. Como resultado, os tratamentos com cloro exigem um controle rigoroso do pH para manter a eficácia, aumentando a complexidade do processo e a necessidade de ajustes químicos adicionais.

- **Matéria orgânica:** A presença de matéria orgânica na água do processamento, como sangue, gordura e proteínas, reduz significativamente a eficácia do cloro. O cloro reage com essa matéria orgânica, formando compostos clorados, muitos dos quais são subprodutos nocivos.
- **Tempo de contato:** Para que o cloro exerça sua ação bactericida de maneira eficaz, é necessário um tempo de exposição suficiente. No entanto, as restrições operacionais no processamento de aves frequentemente resultam em tempos de contato reduzidos, diminuindo sua eficiência.

3. Limitações da eficácia do cloro e resistência bacteriana

Apesar de seu uso prolongado, a eficácia do cloro como agente de descontaminação tem sido cada vez mais questionada. Vários estudos demonstram que a redução bacteriana obtida por meio da cloração é inconsistente e frequentemente não atende aos padrões aceitáveis de segurança alimentar. Patógenos comuns, como *Salmonella* e *Campylobacter*, são apenas moderadamente reduzidos com as concentrações típicas de cloro utilizadas no processamento de aves, e mesmo quando se empregam concentrações mais elevadas, os resultados permanecem insatisfatórios.

3.1 Reduções inconsistentes

Diversos estudos mostram que a redução bacteriana alcançada com o uso de cloro varia entre 0,5 e 1,5 log cfu/cm², o que é insuficiente para garantir a segurança alimentar (KOTULA et al., 1967; WABECK et al., 1968). A variabilidade desses resultados pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo:

- **Diferenças na carga bacteriana:** Cargas bacterianas iniciais elevadas são mais difíceis de reduzir, e a eficácia do cloro diminui à medida que a carga microbiana aumenta.

- **Condições ambientais:** A temperatura e a carga orgânica da água do processo influenciam significativamente o desempenho do cloro. Quando o cloro é adicionado a águas com alta carga orgânica, ocorre a formação de subprodutos clorados, como os trihalometanos (THMs), reduzindo drasticamente a disponibilidade de cloro livre necessário para uma desinfecção eficaz.

3.2 Bactérias resistentes ao cloro

O aspecto mais preocupante do uso prolongado de cloro é o desenvolvimento de resistência em determinadas cepas bacterianas. Várias espécies de bactérias, incluindo patógenos gram-negativos como *Escherichia coli* e *Salmonella*, desenvolveram mecanismos que lhes permitem sobreviver em ambientes tratados com cloro. Esses mecanismos incluem:

- **Formação de biofilmes:** As bactérias dentro dos biofilmes estão protegidas dos efeitos do cloro. A matriz do biofilme atua como uma barreira, impedindo que a cloração convencional penetre e elimine os microrganismos internos (MEAD & THOMAS, 1973).
- **Bombas de efluxo:** Algumas bactérias evoluíram bombas de efluxo que ativamente expelam o cloro e outras substâncias tóxicas para fora da célula, permitindo que sobrevivam mesmo em ambientes altamente clorados.
- **Modificações na estrutura da membrana:** Certas bactérias alteraram a estrutura de suas membranas externas para impedir a penetração do cloro em suas células, reduzindo significativamente sua eficácia (LeCHEVALLIER et al., 1988).

Essas respostas adaptativas não apenas diminuem a eficácia do cloro, mas também aumentam o risco de contaminação cruzada em plantas de processamento avícola, onde cepas resistentes ao cloro podem se espalhar de uma carcaça para outra.

4. Riscos à saúde associados ao uso de cloro no processamento de alimentos

4.1 Formação de subprodutos nocivos

Uma das principais preocupações com o uso de cloro no processamento de aves é a formação de subprodutos tóxicos, incluindo trihalometanos (THMs) e compostos orgânicos clorados. Quando o cloro reage com a matéria orgânica presente nas carcaças de aves, surgem diversas substâncias prejudiciais, tais como:

- **Clorofórmio:** Um conhecido agente cancerígeno, frequentemente detectado na pele e na gordura das aves após o tratamento com água clorada. As concentrações de clorofórmio nas aves frequentemente excedem os limites permitidos para a água potável (ROBINSON et al., 1981). O consumo prolongado de carne contaminada com clorofórmio está associado a danos ao fígado, rins e ao sistema nervoso central.
- **Hidrocarbonetos clorados:** Compostos formados pela reação do cloro com gorduras e proteínas, que não são apenas mutagênicos, mas também persistem no meio ambiente, contribuindo para uma exposição tóxica de longo prazo aos consumidores (NOLLER, 1960).

- **Substâncias mutagênicas:** Estudos indicam que a água clorada, especialmente quando reutilizada ou filtrada, contém substâncias mutagênicas que podem causar mutações genéticas e aumentar o risco de câncer. Essas substâncias podem ser detectadas em concentrações tão baixas quanto 100 ppm (MASRI, 1986).

Os riscos representados por esses compostos são significativos, especialmente considerando as rigorosas regulamentações de segurança alimentar e o uso de aditivos químicos. Diferentemente da água potável, onde os níveis permitidos de subprodutos clorados são rigidamente monitorados, o processamento de aves carece de um controle semelhante. Isso possibilita que quantidades nocivas de THMs e outros subprodutos entrem na cadeia alimentar sem a devida detecção.

4.2 Irritação respiratória e das mucosas

Trabalhadores em plantas de processamento de aves estão frequentemente expostos a vapores e aerossóis de cloro, especialmente em áreas onde a água clorada é utilizada para resfriamento e lavagem das carcaças. Mesmo em concentrações moderadas, o cloro pode causar irritação nos olhos, nariz e garganta.

Em concentrações mais altas (por exemplo, 50 ppm), os vapores podem levar a dificuldades respiratórias graves, com sintomas que variam de tosse crônica a falta de ar (THOMSON et al., 1979). A exposição prolongada pode resultar em danos permanentes ao sistema respiratório e aumentar o risco de doenças pulmonares ocupacionais.

4.3 Corrosão de metais e danos aos equipamentos

O efeito corrosivo do cloro representa desafios significativos para os equipamentos utilizados no processamento de aves. O uso de cloro, especialmente em níveis de pH mais baixos, acelera a degradação de máquinas feitas de aço inoxidável.

Essa corrosão não apenas reduz a vida útil de equipamentos caros, mas também aumenta o risco de contaminação, pois partículas metálicas e materiais desgastados podem entrar em contato com as carcaças de aves (SCHLIESSER & STRAUCH, 1981).

5. Impacto negativo na qualidade da carne

5.1 Prejuízo sensorial

O cloro, especialmente quando utilizado em concentrações mais elevadas, pode causar uma série de efeitos sensoriais negativos na carne de aves, incluindo:

- **Off-flavors:** Em concentrações acima de 60 ppm, a carne de aves frequentemente adquire um odor químico pronunciado e um sabor semelhante ao do cloro, reduzindo significativamente sua aceitação pelos consumidores (DIXON & POOLEY, 1961).
- **Alterações na textura:** A exposição à água clorada pode modificar a estrutura proteica da carne de aves, levando a mudanças indesejáveis na textura, como aumento da rigidez e perda de umidade.

5.2 Retenção de água e recontaminação

A carne de aves tratada com água clorada tende a absorver quantidades excessivas de água, aumentando o risco de contaminação cruzada durante o processamento.

Na União Europeia, a regulamentação permite uma absorção de água de até 6%, enquanto nos Estados Unidos esse limite pode chegar a 8% (VO EWG 2967/76; TSAI et al., 1992). Essa retenção de água pode abrigar bactérias residuais e subprodutos químicos, aumentando o risco de recontaminação à medida que as carcaças avançam na linha de processamento.

6. A vantagem do Bio-G-Active: Uma solução mais segura e eficaz

O Bio-G-Active representa um avanço significativo na tecnologia de segurança alimentar. Ao contrário do cloro, que apresenta várias desvantagens, o Bio-G-Active oferece inúmeros benefícios sem os riscos à saúde ou os impactos ambientais associados ao uso de cloro. Uma comparação direta entre o cloro e o Bio-G-Active demonstra a superioridade deste último em quase todos os aspectos.

6.1 Ação antimicrobiana superior

O Bio-G-Active demonstrou uma eficácia antimicrobiana superior contra uma ampla variedade de patógenos, incluindo cepas resistentes ao cloro. Sua formulação exclusiva permite a penetração em biofilmes e a eliminação de bactérias na sua origem, tornando-o mais eficiente do que o cloro na redução da carga bacteriana.

6.2 Ausência de subprodutos nocivos

Ao contrário do cloro, o Bio-G-Active não gera subprodutos cancerígenos como THMs ou clorofórmio. Sua composição biodegradável garante que nenhuma substância química prejudicial permaneça na carne, tornando-o uma opção mais segura tanto para os consumidores quanto para o meio ambiente.

6.3 Preservação da qualidade da carne

O Bio-G-Active mantém o sabor, a textura e a aparência da carne de aves. Ele não causa os sabores indesejáveis ou as alterações de textura associadas ao cloro, garantindo que a carne permaneça visualmente e sensorialmente atraente para os consumidores.

6.4 Segurança no trabalho e durabilidade dos equipamentos

O Bio-G-Active não é irritante e não apresenta riscos à saúde dos trabalhadores em instalações de processamento. Além disso, não corrói metais, o que reduz os custos de manutenção e prolonga a vida útil dos equipamentos de processamento. Esse é um benefício significativo em relação ao cloro, que danifica os equipamentos e aumenta os custos operacionais.

7. Conclusão

O uso de cloro no processamento de aves está se tornando cada vez mais insustentável, devido à sua eficácia limitada, aos riscos à saúde associados e aos impactos negativos na qualidade da carne.

Em contrapartida, o Bio-G-Active oferece uma alternativa segura, eficaz e ecologicamente sustentável, eliminando as deficiências do cloro. Diante das mudanças nos regulamentos e do crescente apelo dos consumidores por alimentos mais seguros, o Bio-G-Active está bem posicionado para se tornar a solução preferida na garantia da segurança microbiológica no processamento de aves – sem as desvantagens inerentes aos métodos tradicionais à base de cloro.

BGA Dictum GmbH

Mommsenstraße 7
10629 Berlin / Germany
+49 (0)30 8442891
post@bga-dictum.com
www.bga-dictum.com