



Lucas de Oliveira Brown e Souza

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE GARANTIA DA SEGURANÇA E QUALIDADE DO LEITE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora da
Universidade Presidente Antônio
Carlos, como exigência parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Medicina Veterinária.

Juiz de Fora
2024

Lucas de Oliveira Brown e Souza

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE GARANTIA DA
SEGURANÇA E QUALIDADE DO LEITE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora da
Universidade Presidente Antônio
Carlos, como exigência parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Medicina Veterinária.

Orientadora: Edilane Cristina do
Nascimento.

Juiz de Fora
2024

Lucas de Oliveira Brown e Souza

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE GARANTIA DA
SEGURANÇA E QUALIDADE DO LEITE**

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ms. Edilane Cristina do Nascimento

Prof^a. Dra. Anna Marcella Neves Dias

Prof^a. Ms. Paula Aparecida Azevedo Almeida

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE GARANTIA DA SEGURANÇA E QUALIDADE DO LEITE

Evaluation of Different Methods to Ensure Milk Safety and Quality

LUCAS BROWN ¹ , EDILANE CRISTINA ²

Resumo

Este trabalho avalia métodos diversos para garantir a segurança e qualidade do leite, considerando seu papel como ambiente propício à proliferação de microrganismos. Primeira, aborda-se a pasteurização, técnica tradicional de aquecimento para eliminar patógenos sem alterar a composição do leite, como a técnica UHT que permite maior tempo de prateleira. Além disso, a filtração por membrana é apresentada como alternativa, com alta eficiência na remoção de bactérias e esporos, reduzindo a contaminação microbiana. Outro método analisado é a radiação ultravioleta, que possui efeito germicida eficiente, mas pode alterar propriedades sensoriais se aplicada em excesso. As bacteriocinas, peptídeos antimicrobianos naturais, destacam-se como opção segura, inibindo patógenos como *Listeria* spp. e *Staphylococcus aureus*. Por fim, a pressão hidrostática alta, é uma técnica promissora, inativando microrganismos ao preservar os nutrientes. Cada técnica é analisada conforme suas vantagens, limitações e viabilidade de aplicação na indústria, contribuindo para o controle microbiano e aumento da segurança do alimento sem comprometer as propriedades nutricionais. Conclui-se que ao combinar essas metodologias com a regulação sanitária vigente, é possível fornecer leite de qualidade e seguro ao consumidor.

Descritores: leite. segurança. qualidade. microbiologia. processamento.

Abstract

This study evaluates various methods to ensure milk safety and quality, given its role as an environment conducive to microorganism proliferation. Initially, pasteurization is discussed as a traditional heating technique to eliminate pathogens without altering milk composition, including the UHT technique that extends shelf life. Additionally, membrane filtration is presented as an alternative with high efficiency in removing bacteria and spores, reducing microbial contamination. Another method analyzed is ultraviolet radiation, which has an efficient germicidal effect but may alter sensory properties if applied in excess. Bacteriocins, natural antimicrobial peptides, stand out as a safe option, inhibiting pathogens such as *Listeria* spp. and *Staphylococcus aureus*. Finally, high hydrostatic pressure is a promising technique that inactivates microorganisms while preserving nutrients. Each technique is analyzed according to

its advantages, limitations, and feasibility in the industry, contributing to microbial control and increased food safety without compromising milk's nutritional properties. It concludes that combining these methodologies with current sanitary regulations makes it possible to provide high-quality, safe milk to consumers.

Keywords: milk. safety. quality. microbiology. processing.

INTRODUÇÃO

Leite é um fluído rico em nutrientes que, por definição, é um excelente meio de cultura para uma ampla gama de organismos. Contém vários nutrientes, como vitaminas, proteínas, lipídios e carboidratos, então sustenta um vasto espectro de microrganismos em boas condições de crescimento.¹ Para os jovens de 11 a 19 anos, o consumo é maior, de 700 mL/dia ou 256 litros/ano e para os adultos acima de 20 anos a recomendação é de 600 mL/dia ou 219 litros/ano.² No ano de 2022, o consumo brasileiro per capita de leite UHT foi de 123,5 litros, menor do que em 2021, mas 52,7% maior do que no ano de 2004.³ Apesar dos benefícios do leite para o desenvolvimento humano, também serve como excelente campo de proliferação para microrganismos como leveduras e bactérias que são contaminantes frequentes que causam a deterioração do leite.¹

Os critérios de tempo e temperatura de pasteurização lenta empregados em diversos países foram definidos com base nos estudos de North e Park, em 1927, de Huebner et al. em 1949, e Enright, Sadler e Robert em 1957. O processo de pasteurização é o emprego conveniente do calor, com o fim de destruir totalmente a flora microbiana patogênica sem alteração sensível da constituição física e do equilíbrio do leite, sem prejuízo de seus elementos bioquímicos, assim como de suas propriedades organolépticas normais, o procedimento deve ser assegurado pelas enzimas fosfatase alcalina e peroxidase, que devem apresentar, respectivamente, resultados negativo e positivo no leite pasteurizado.⁴

O processo de aquecimento do leite com o método UHT (do inglês *ultra-high temperature*) aumenta a perda de vitamina B em 10 a 20% comparado ao leite cru.⁵ Com avanços tecnológicos, a filtração por membrana está se tornando cada vez mais popular na remoção de microrganismos perigosos do leite. Retenção de bactérias, esporos vegetativos e células maiores que 99% na maioria dos casos é um claro indicativo de quão eficiente tecnologia de membrana é na remoção desses microrganismos do leite. Um importante aspecto de implementar a tecnologia de membrana para purificação do leite é que a presença de proteínas e glóbulos de

gordura no leite causam severo incrustamento de membrana e, portanto, isso deve ser lidado com a manutenção do alto fluxo de velocidade cruzado ou gerando retorno de pulsos durante a filtração. Com isso, pode ser dito que com uma adequada manutenção de todos os fatores mencionados acima, a filtração por membrana pode definitivamente se tornar uma boa alternativa para o processo convencional de pasteurização do leite.⁶

Consumidores têm ficado cada vez mais alertas aos riscos à saúde proporcionados pelos conservantes químicos em alimentos, em paralelo há uma crescente demanda da indústria de laticínios para estender a vida de prateleira e prevenir o vencimento precoce dos produtos lácteos traz um apelo por novos métodos de conservação.⁷

O objetivo do presente estudo foi de abordar diferentes métodos de controle de microorganismos patogênicos e manutenção da qualidade do leite fluido, além de correlacionar com os riscos associados ao consumo de leite não tratado.

MÉTODOS

Esta pesquisa referiu-se a um estudo de revisão bibliográfica e análise crítica de trabalhos pesquisados eletronicamente por meio do banco de dados Pubmed, Bireme, Scielo, Google Acadêmico e em endereços eletrônicos governamentais. Foram selecionados trabalhos da literatura médica inglesa e portuguesa, publicados no período de 2001 a 2023.

REVISÃO DE LITERATURA

No ano de 2023, durante o primeiro semestre houve uma alta de 2,78% na produção de leite inspecionado em relação ao ano anterior, enquanto o segundo semestre registrou um crescimento de 2,29%. No total, foi registrado um aumento na produção de leite inspecionado de 2,53%, encerrando o ano com 24,52 bilhões de litros de leite produzidos. Nesse contexto de produção e importação, a disponibilidade de leite inspecionado no Brasil foi elevada em 6,1%, representando 1,54 bilhão de litros a mais que em 2022. Enquanto isso, a disponibilidade per capita, chamada de consumo aparente, apresentou uma elevação de 5,7%, logo, se

comparado a 2022, o ano de 2023 demonstrou um crescimento de sete litros por habitante, em média, no consumo de leite e derivados no mercado brasileiro. Já em valores específicos, no que diz respeito ao consumo de leite, 2023 registrou um total de 131 litros consumidos por habitante no ano. Cada região do mundo possui diretrizes próprias para o consumo de leite e derivados, mas estabelecendo um padrão é possível dizer que a recomendação média global é de 500ml de leite ao dia, totalizando por volta de 182 litros ao ano.⁸

O leite cru apresenta características sensoriais típicas, como sua aparência branco opalescente e homogênea, além de possuir um odor característico e também deve estar livre de substâncias inibidoras, neutralizantes e reconstituintes, assim como de resíduos de produtos veterinários e contaminantes.⁹ O leite que acaba de ser ordenhado se encontra em uma temperatura de aproximadamente 38°C, o que o torna um ambiente propício para o desenvolvimento de bactérias e portanto tornando-o impróprio para consumo.¹

Os microrganismos psicotróficos contaminantes do leite estão bactérias Gram-Negativas dos gêneros *Brucella* spp., *Pseudomonas* spp., *Achromobacter* spp., *Aeromonas* spp., *Serratia* spp., *Alcaligenes*, *Chromobacterium* e *Flavobacterium*, enquanto as Gram-positivas, dos gêneros *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Corynebacterium* spp., *Streptococcus* spp., *Lactococcus* spp., *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* sp., *Microbacterium* spp. e destaque para *Mycobacterium tuberculosis*. A exemplo, bactérias como *Bacillus cereus* estão associadas a sinais clínicos como náuseas, vômitos e diarreia, enquanto outras como *Clostridium botulinum* com paralisia e até morte.⁹

O consumo de queijos frescos produzidos a partir de leite cru que são tipicamente manufaturados em pequenas fazendas leiteiras sob condições higiênicas insatisfatórias é comum no Brasil. Devido a essas características de produção, esse tipo de queijo é potencialmente portador de microrganismos patogênicos, como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus* spp. produtor de enterotoxina.¹⁰

Segundo estabelecido pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) no Artigo 354 parágrafo 2º é considerado para consumo humano apenas dos seguintes leites fluidos especificados, leite pasteurizado, leite submetido ao processo de ultra-alta temperatura (UAT ou UHT), leite esterilizado e leite reconstituído, logo, passando por tratamento térmico. Outras

formas de produção e beneficiamento com novas tecnologias necessitam de aprovação em norma complementar conforme consta no mesmo artigo parágrafo 1º.¹¹

A Instrução Normativa nº 76 (IN 76) de 2018, estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), regulamenta os critérios de produção, qualidade e segurança do leite cru refrigerado no Brasil, ela visa garantir padrões mínimos de qualidade higiênico-sanitária no leite que chega ao consumidor. O Art. 5º estabeleceu os parâmetros para a coleta do leite cru refrigerado, que deve ser feita em até 48 horas após a ordenha. Isso visa reduzir o risco de contaminação e crescimento microbiano para garantir a qualidade do leite.¹²

Primeiramente, antes de tratar dos padrões biológicos e físico-químicos do leite, a Instrução Normativa nº77 (IN 77) de 29 de Dezembro de 2011 definiu parâmetros para produção como por exemplo no que diz respeito à localização, instalações e maquinários. A Granja deve contar com espaço suficiente para pastagens, manejo do gado e a construção das instalações, além de prever uma área para futuras expansões e aumento do rebanho. É necessário que a localização seja afastada de fontes de poluição e ofereça boas condições para o fornecimento de água e eliminação de resíduos e águas servidas, respeitando sempre as normas estabelecidas pelas autoridades competentes. O estabelecimento deve estar pelo menos a 50 metros das vias públicas com tráfego de veículos que não pertençam às suas atividades, garantindo também uma circulação eficiente de veículos dentro da propriedade. As áreas próximas às instalações, bem como os locais de manobra e estacionamento, precisam ser pavimentados adequadamente para evitar poeira e lama. Além disso, não é permitido o uso das instalações como residência nem a criação de outros animais, como aves ou suínos, nas proximidades.¹³

Os currais de espera e manejo são obrigatórios, com uma área mínima de 2,50 m² por animal destinado à ordenha. Esses currais devem possuir piso de paralelepípedos, lajotas ou concreto, cercas adequadas e mangueiras com água pressurizada para limpeza. O conjunto de ordenha deve ser estrategicamente posicionado em relação à dependência de ordenha. Caso existam outras instalações como confinamentos ou abrigos para touros, esses espaços precisam ser separados dos currais destinados à ordenha. O uso de equipamento para ordenha mecânica é obrigatório, com sistema de pré-filtragem e bombeamento até o tanque de armazenamento em circuito fechado. A ordenha manual ou mecânica em sistema

semifechado, como o tipo "balde-ao-pé", não é permitida. O equipamento utilizado deve ser feito de materiais como aço inoxidável, vidro ou fibra de vidro, de acordo com o regulamento técnico pertinente, além de que recomenda-se também a instalação de coletores individuais de amostras no equipamento de ordenha para garantir melhor controle.¹³

De acordo com a IN 76, as características físico-químicas exigidas para o leite cru refrigerado incluem um teor mínimo de gordura de 3,0 g/100 g, teor mínimo de proteína total de 2,9 g/100 g, teor mínimo de lactose anidra de 4,3 g/100 g, teor mínimo de sólidos não gordurosos de 8,4 g/100 g e teor mínimo de sólidos totais de 11,4 g/100 g. A acidez titulável deve estar entre 0,14 e 0,18 gramas de ácido láctico por 100 mL, enquanto a estabilidade ao alizarol deve ser de, no mínimo, 72% v/v. A densidade relativa a 15°C/15°C deve estar entre 1,028 e 1,034, e o índice crioscópico deve estar entre -0,530°H e -0,555°H, correspondendo a temperaturas de -0,512°C e -0,536°C, respectivamente. Além disso, o Art. 7° da normativa estabeleceu que o leite cru refrigerado deve apresentar médias geométricas trimestrais de contagem padrão em placas de no máximo 300.000 UFC/mL, com um limite máximo de 900.000 UFC/mL antes do seu processamento, conforme o Art. 8°, e 500.000 CS/mL em contagem de células somáticas.¹²

No que diz respeito ao leite pasteurizado, definida pela IN 77 entende-se por Leite Pasteurizado tipo A aquele classificado quanto ao teor de gordura em desnatado, semidesnatado e integral, produzido, beneficiado e envasado em estabelecimento denominado "Granja".¹⁴ O Art. 15° estabeleceu os padrões físico-químicos que incluem um teor de gordura mínimo de 3,0 g/100 g para o leite integral, de 0,6 a 2,9 g/100 g para o semi desnatado e um máximo de 0,5 g/100 g para o desnatado. A acidez deve estar entre 0,14 e 0,18 g de ácido láctico por 100 mL, e a densidade relativa a 15/15°C deve variar de 1,028 a 1,034 para o leite integral e de 1,028 a 1,036 para o semidesnatado ou desnatado. O índice crioscópico deve ficar entre -0,530°H e -0,555°H, equivalente a -0,512°C e -0,536°C, respectivamente. O teor de sólidos não gordurosos deve ser de, no mínimo, 8,4 g/100 g com base no leite integral, e para os demais teores de gordura, esse valor deve ser ajustado por uma fórmula específica. Além disso, a proteína total mínima deve ser de 2,9 g/100 g, a lactose anidra mínima deve ser de 4,3 g/100 g, e os testes enzimáticos devem comprovar a fosfatase negativa e a peroxidase positiva.¹²

Em luz das especificações do Art. 17° é importante ressaltar o que é

estabelecido pelo Art. 18º que contém que substâncias estranhas não podem estar presentes na composição do leite pasteurizado, assim como inibidores do crescimento microbiano, neutralizantes de acidez e reconstituintes do índice crioscópico ou de densidade. Desta forma, em 2011 foi instituída pelo MAPA a Instrução Normativa Nº 77, que atualizou a Instrução Normativa Nº 62 e define limites e prazos gradativos para atingir os indicadores higiênico-sanitários (CCS e CTB) em amostras de leite de rebanhos bovinos leiteiros do país.¹⁴

Métodos para garantia da segurança e qualidade do Leite

Pasteurização do Leite

A pasteurização tem dois objetivos, a destruição de certos microrganismos patogênicos e a prevenção da acidificação do leite, com o processo podendo ser realizado em lote ou de forma contínua. Tais resultados são obtidos no processo de pasteurização lenta mantendo o leite a uma temperatura de 63 a 65°C por pelo menos meia hora, e depois reduzindo a temperatura para não mais que 13°C. As bactérias do leite, como as produtoras de ácido, produtoras de gás, além das proteolíticas e lipolíticas, são eliminadas pelo processo de pasteurização.¹⁵

Pasteurização rápida e lenta são técnicas comumente usadas, o objetivo principal de ambas é o de eliminar microrganismos como *Coxiella burnetti* que é a bactéria considerada mais termoestável e não esporulante. Durante a pasteurização, a camada de creme é reduzida devido à desnaturação dos glóbulos de gordura em elevada temperatura, entretanto isso não afeta o teor de gordura do leite, além de também, ao final do processo não são observadas alterações muito relevantes nos nutrientes à exceção de uma modesta perda de vitamina A e C, o produto final pode ser armazenado por até 3 dias antes da deterioração. A parte dos procedimentos previamente mencionados, também à pasteurização UHT (ultra high temperature) ou ultra-alta temperatura (UAT), geralmente realizada a uma temperatura de 135 a 150°C por 1 a 10 segundos podendo ser de forma direta ou indireta, com a direta sendo preferível para manter o sabor. Ao contrário das mencionadas anteriormente, esta tem como alvo o *Geobacillus* spp., uma bactéria termofílica e esporulante. O

leite processado dessa maneira possui uma vida de prateleira de 21 a 45 dias sob condições de refrigeração.¹

A desnaturação do RNA foi encontrada como sendo um dos resultados mais claros da exposição de calor em bactérias, com danos ao ribossomo também tendo sido encontrados em que ocorre na maioria dos casos em temperaturas que tornam a bactéria não funcional. Alguns dos outros componentes influenciados pelo calor são a membrana externa de células gram-negativas e a parede peptidoglicano, com a membrana sendo associada à inativação celular baseado na perda de homeostase interna e resultando na perda parcial de funcionalidades como modificações nos pontos de entrada e saída de vários componentes. Em outra influência do tratamento, a D-alanina é liberada a partir dos ácidos teicoicos pelas células de *Staphylococcus aureus*, causando a ligação de íons de magnésio na parede celular, inibindo sua utilização em algumas atividades metabólicas críticas. A homeostase osmótica e de pH também são perdidas assim como a atividade respiratória das bactérias.¹

Contudo, nem todos os microorganismos presentes no leite causam sua deterioração ou são nocivos à saúde humana, as bactérias lácticas como as do gênero *Lactobacillus*, atuam de forma benéfica sobre as características do leite. Linhagens de *Lactobacillus acidophilus* podem aprimorar o valor nutricional dos produtos aos quais faz parte devida sua capacidade de sintetizar ácido fólico, niacina, riboflavina e vitamina K, sendo a espécie mais utilizada em derivados lácteos. Tais benefícios proporcionados por essa e outros gêneros e espécies de bactérias lácteas não chegam ao produto final de um leite UHT.¹⁶

Filtração por Membrana

A filtração por membrana pela técnica de microfiltração tem como conceito a passagem do leite por membranas porosas através de um gradiente de pressão adequado para separar os microrganismos presentes no leite. O leite não tratado pode ser o reservatório de diversas bactérias tais como *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium botulinum* que podem ser a causa de diversos problemas de saúde quando ingeridas. Uma membrana comercial com poros de 1,4 µm permite alcançar uma redução logarítmica de até 1,9 para *Listeria* sp. e 2,5 para *Salmonella* sp. a uma

temperatura de 35°C. Ademais, também é mencionado na literatura que o uso de leite pré-microfiltrado como base resultou em menor retenção das cepas pelas membranas de cerâmica.⁶

Em 3 experimentos em que foram utilizados microfiltração a contagem bacteriana de leite cru foram reduzidas de 2.400, 3.600 e 1.475 ufc/mL (Unidades Formadoras de Colônia) para 0,240, 0,918 e 0,240 ufc/mL, respectivamente. Por outro lado, a contagem bacteriana do leite desnatado microfiltrado e pasteurizado (a 72°C por 15 segundos) para os 3 experimentos foram 0,005, 0,008 e 0,005 ufc/mL, respectivamente e, com isso, apresentando uma redução média de 5.6 log da contagem inicial devido a combinação das técnicas de microfiltração e pasteurização. A desativação microbiana pela pasteurização seguida da microfiltração se demonstrou ligeiramente mais potente do que a desativação promovida pela pasteurização isoladamente.¹⁷

Outro uso para a tecnologia de filtração de membrana é a separação dos glóbulos de gordura do leite. Utilizando uma membrana de cerâmica com poro de diâmetro de 2 µm, em um leite integral a uma temperatura de 50°C com teor de gordura 39g.kg⁻¹ foi obtida uma taxa de redução volumétrica de 8. Em tais condições, o fluxo de permeado foi de 700 L.h⁻¹.m⁻² e os teores de gordura do permeado e do retido foram respectivamente 17 g.kg⁻¹ e 197 g.kg⁻¹.¹⁸

Contudo, a maioria das membranas descritas na literatura são comerciais, sendo elas de cerâmica ou poliméricas. Além disso, o uso das membranas poliméricas não pode ser recomendado visto que podem ser instáveis, a indústria de produtos lácteos o uso de altas temperaturas é comum e, portanto, tornando desaconselhável o uso de membranas desse tipo. Outra observação, é que além do tamanho dos poros e incrustamento, a velocidade do fluxo cruzado e do tempo de filtração são fatores determinantes para o desempenho da membrana. Mesmo com o contraponto das membranas poliméricas, é possível o uso de argilas para membranas de cerâmica, sendo um produto de baixo custo e tornando o processo sustentável.⁶

Luz Ultravioleta

Radiação ultravioleta (UV-C) é a muito tempo utilizada como um método físico de baixo custo e com grande eficácia germicida com efeito letal em diversos microrganismos como bactérias, fungos, vírus, algas e protozoários. Mesmo com

poucas pesquisas na avaliação de efeitos da radiação UV-C na inativação microbiana, alguns estudos confirmaram seu potencial inativar agentes patogênicos tais como *S. aureus*, *E. coli* O157: H7, *Salmonella Typhimurium*, *L. monocytogenes* no leite e derivados. O uso da radiação UV-C para garantir a qualidade do leite e produtos lácteos, de forma geral apontaram que sua utilização não acompanha efeitos adversos nos próprios, principalmente quando usada em quantidades moderadas, entretanto, alguns estudos também consideram efeitos prejudiciais no que diz respeito às características sensoriais e físico-químicas.¹⁹

Ao avaliar a atividade bactericida em função da intensidade luminosa, utilizou-se a bactéria *Escherichia coli* em concentrações de aproximadamente 10^9 UFC mL⁻¹. Os resultados demonstraram ausência de crescimento bacteriano após 10 minutos de irradiação UV, tanto com quanto sem TiO₂. Contudo, quando se utilizou uma lâmpada de menor intensidade, após 20 minutos de exposição UV, foram detectadas concentrações de $3,13 \times 10^4$ UFC mL⁻¹ e $2,87 \times 10^2$ UFC mL⁻¹, com e sem TiO₂, respectivamente. Apesar das baixas taxas de sobrevivência ($1,50 \times 10^{-30}\%$ e $1,38 \times 10^{-50}\%$, respectivamente), as quantidades de células viáveis foram maiores que nos experimentos iniciais, dada a menor intensidade luminosa. Concluiu-se que a sobrevivência bacteriana diminuiu com a redução da concentração inicial, o aumento da intensidade luminosa, maior tempo de exposição UV, ou maior dosagem de TiO₂ (até 1 mg mL⁻¹). *Escherichia coli* demonstrou maior resistência que *Pseudomonas* sp. nos dois processos avaliados.²⁰ Ademais, o nucleóide tem demonstrado sofrer inibição direta por tecnologias como radiação ionizante e luz UV, afetando assim a sobrevivência das bactérias.¹

Em suma, o uso da luz ultravioleta mostra-se interessante para utilização na indústria de alimentos como um método alternativo aos tradicionais atualmente empregados para controle e eliminação de contaminantes até mesmo com aplicação superficial no pós-processamento.¹⁹

Bacteriocinas

As bacteriocinas são peptídeos ou proteínas antimicrobianas, produzidos principalmente por bactérias lácticas, que atuam como inibidores naturais de uma série de patógenos e microrganismos deteriorantes em alimentos, incluindo o leite e seus derivados. Em particular, essas substâncias antimicrobianas podem ser

eficazes no combate a microrganismos como *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, os quais representam riscos significativos à segurança dos alimentos e à qualidade dos produtos lácteos.⁷

O mecanismo de ação das bacteriocinas envolve a inserção nas membranas celulares dos microrganismos-alvo, onde criam poros que causam desequilíbrio osmótico e eventual lise celular. Isso ocorre de forma altamente seletiva, preservando microrganismos desejáveis que participam da fermentação e beneficiam o perfil nutricional dos produtos.²¹

Entre as bacteriocinas mais estudadas e com aplicações consolidadas na indústria de alimentos está a nisina, aprovada por agências reguladoras como a Food and Drug Administration (FDA) e a Autoridade Europeia para Segurança Alimentar (EFSA), devido à sua segurança e eficácia. Outra bacteriocina amplamente usada é a pediocina, conhecida por sua ação contra bactérias gram-positivas como a *Listeria* spp., que frequentemente contamina produtos lácteos crus e processados. Esses antimicrobianos podem ser aplicados no leite tanto na forma purificada quanto através do uso de culturas bacterianas que produzem bacteriocinas naturalmente. Essa última abordagem é vantajosa por integrar a produção de bacteriocinas no próprio processo de fermentação, proporcionando uma proteção contínua contra microrganismos indesejáveis ao longo do prazo de validade do produto.²²

A utilização de bacteriocinas oferece vantagens importantes, pois responde à crescente demanda dos consumidores por produtos mais naturais, com menos aditivos artificiais e menos conservantes químicos. De fato, o uso dessas substâncias antimicrobianas naturais é considerado uma alternativa promissora para a conservação do leite e de produtos lácteos em relação aos métodos tradicionais de pasteurização. Além disso, estudos mostram que o uso de bacteriocinas pode não apenas aumentar a segurança microbiológica do leite, mas também reduzir o desperdício, uma vez que estende o prazo de validade dos produtos sem alterar significativamente suas características organolépticas, como sabor e textura.²³

Pressão Hidrostática Alta

A Pressão Hidrostática Alta (PHA) é uma tecnologia emergente que utiliza pressões elevadas para inativar microrganismos em alimentos sem o uso de temperaturas elevadas, sendo aplicada em uma variedade de produtos, incluindo

leite e derivados lácteos. Esse método utiliza pressões que variam entre 400 e 600 MPa, as quais são suficientes para inativar patógenos importantes, como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes*, além de inibir microorganismos deteriorantes que afetam a prazo de validade dos produtos.²⁴ A vantagem da PHA sobre métodos térmicos, como a pasteurização, é que ela preserva as características sensoriais e nutricionais do leite, mantendo proteínas, vitaminas e outros nutrientes em sua forma natural, enquanto elimina efetivamente contaminantes.²⁵

A ação da PHA ocorre devido à aplicação de pressão uniforme e isostática sobre o alimento, que altera a estrutura e a função das membranas celulares dos microrganismos, levando-os à morte celular sem a necessidade de altas temperaturas. Esse processo evita problemas como a desnaturação de proteínas e mudanças no sabor, comuns em métodos térmicos. Além disso, estudos demonstram que a PHA consegue penetrar de forma homogênea em todo o produto, garantindo que as bactérias, mesmo nas camadas internas, sejam expostas às mesmas condições de pressão, o que resulta em uma inativação mais uniforme.²⁶

A PHA tem sido amplamente aplicada em produtos lácteos devido ao seu potencial de atender à demanda por produtos minimamente processados e sem conservantes artificiais. Essa tecnologia proporciona um prazo de validade estendida ao leite, especialmente ao leite fresco, que tradicionalmente apresenta um curto período de validade. Ela também pode ser integrada a outros métodos de preservação, como a refrigeração, para alcançar ainda mais segurança e qualidade no produto final. No entanto, o custo elevado do equipamento para PHA ainda é um fator limitante para sua ampla adoção, especialmente em países em desenvolvimento. Mesmo assim, a PHA representa uma inovação significativa na indústria de lácteos, com grande potencial para reduzir o desperdício e melhorar a segurança e qualidade dos produtos.²⁷

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho enfatiza a importância de adotar métodos eficientes e complementares para garantir a segurança e qualidade do leite, desde a produção até o consumidor final. A análise dos métodos abordados, como a pasteurização, radiação ultravioleta, uso de bacteriocinas, filtração por membranas e pressão

hidrostática alta, demonstra que cada técnica oferece vantagens específicas, contribuindo para a inativação de microrganismos patogênicos e a preservação das propriedades nutricionais do leite. A combinação dessas técnicas com a legislação brasileira vigente, que estabelece critérios rigorosos para o controle do leite cru e seus derivados, assegura um produto mais seguro e com qualidade superior.

REFERÊNCIAS

1. Dash KK, Fayaz U, Dar AH, Shams R, Manzoor S, Sundarsingh A, et al. A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of Milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*. 2022; [citado 2024 Mai 18]; 1 (100041): [11p]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X22000296?via%3Dihub>
2. Zoccal R. Agronegócio do Leite [internet]. EMBRAPA; [2021 dez 8; citado 2024 mai 18]. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pos-producao/consumo/estatisticas-de-consumo#:~:text=Para%20os%20jovens%20de%2011,pessoas%20deve%20ser%20principalmente%20desnatado.
3. Leite para quem? [internet]. Canal do Leite; [atualizado em 2023 fev2; citado em 2024 mai 30] <https://www.canaldoleite.com/artigos/leite-para-quem/#:~:text=Rela%C3%A7%C3%A3o%20renda%2Dconsumo&text=Em%202022%2C%20o%20consumo%20brasileiro,o%20menor%20consumo%20desde%202013>
4. Raimundo DC. Estudo comparativo entre a eficiência da filagem da Mozzarella e da pasteurização lenta do leite na inativação do *Mycobacterium fortuitum* e da *Listeria monocytogenes* experimentalmente inoculados no leite de búfala [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2008 [citado 2024 mai 18]; 1 (10041) Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-09012009-105909/pt-br.php>
5. Wozniak D, Cichy W, Dobrzynska M, Przyslawski J, Drzymała-Czyz S. Reasonableness of Enriching Cow's Milk with Vitamins and Minerals. *MDPI*. 2022 [citado em 2024 mai 30]; 11 (8): [15p]. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/8/1079>
6. Goswami KP, Pugazhenth G. Elimination of Pathogenic Bacteria from Milk Using Membrane Technology: A Review. *Food Science and Technology*. 2023; 11 (1): 19-32.
7. Silva CCG, Silva SPM, Ribeiro SC. Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. *Front Microbiol*. 2018; [citado 2024 mai 18]; 9 (594): [15p]. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2018.00594/full>

8. Carvalho GR, de Oliveira LAA, Arantes MSL. Oferta e demanda de leite no Brasil em 2023. Anuário do Leite 2024. 2024 [citado 2024 set 25]. p 5. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1164754/anuario-leite-2024-avaliacao-genetica-multirracial>

9. Pinto CLO, Martins ML, Vanetti MCD. Qualidade Microbiológica de Leite Cru Refrigerado e Isolamento de Bactérias Psicotróficas e Proteolíticas . Ciênc. Tecnol. Aliment. 2006; 26(3): 645-51. <https://www.scielo.br/j/cta/a/NY78bcMBbMyfzmjrcw4ByCv/?format=pdf&lang=pt>

10. Moraes PM, Viçosa GN, Yamazi AK, Ortolani MBT, Nero LA. Foodborne Pathogens and Microbiological Characteristics of Raw Milk Soft Cheese Produced and on Retail Sale in Brazil. Foodborne Pathogens and Disease. 2009. 6 (2): 245-9.

11. Brasil. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2020.

<https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2020/10/RIISPOA-ALTERADO-E-ATUALIZADO-2020.pdf>

12. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Diário Oficial da União, 2018 nov 30 [citado 2024 out 29]. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2019/04/INSTRU%C3%87%C3%83O-NORMATIVA-N%C2%BA-76-DE-26-DE-NOVEMBRO-DE-2018-Di%C3%A1rio-Oficial-da-Uni%C3%A3o-Imprensa-Nacional.pdf>

13. Brasil. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Define critérios para a execução de ações e serviços de saúde. Diário Oficial da União. 2011 dez 30 [citado 2024 out 29]. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-62-2011_78285.html

14. Dias JA, Antes FG. Qualidade físico-química, higiênico-sanitária e composicional do leite cru: Indicadores e aplicações práticas da Instrução Normativa 62. Embrapa. 2014; [citado 2024 out 5]. [24p]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125963/1/Doc-158-leite.pdf>

15. Watts S. A mini review on technique of milk pasteurization. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2016; [citado 2024 nov 1]; 5(5): 99-101. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives/2016/vol5issue5/PartB/5-4-36-907.pdf>

16. Menezes MFC, Simeoni CP, Etchepare MA, Huerta K, Bortoluzzi DP, de Menezes CR. Microbiota e Conservação do Leite. REGET. 2014; [citado 2024 out 29]; 18 [76-89]. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/13033/pdf/62319>

17. Elwell MW, Barbano DM. Use of Microfiltration to Improve Fluid Milk Quality. *J. Dairy Sci.* 2006; [citado 2024 out 10]; 89 (Electronic Supplement): [11p]. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/issue/S0022-0302\(06\)X7055-8](https://www.journalofdairyscience.org/issue/S0022-0302(06)X7055-8)
18. Goudédranche H, Fauquant J, Maubois JL. Fractionation of globular milk fat by membrane microfiltration. *DAIRY SCI TECHNOL.* 2000; 80 (1): 93-8.
19. Delorme MM, Guimarães JT, Coutinho NM, Rocha RS, Silva R, Pimentel TC, et al. Utilização de luz ultravioleta para reduzir contaminação microbológica em leite e derivados. *MilkPoint.* 2020; [citado 2024 set 27]. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/adriano-gomes-da-cruz/potencial-da-radiacao-ultravioleta-para-diminuicao-da-contaminacao-do-leite-e-derivados-na-industria-218991/>
20. Cordeiro ACS, Leite SGF, Dezotti M. Inativação por oxidação fotocatalítica de *Escherichia coli* e *Pseudomonas* sp. *Quim. Nova.* 2004; 27(5): 689-94.
21. Cotter PD, Ross RP, Hill C. Bacteriocins: a viable alternative to antibiotics? *Nat Rev Microbiol.* 2013; 11(2): 95-105.
22. Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol.* 2001; 71(1):1-20.
23. López-Expósito I, Recio I. Protective effect of milk peptides: antibacterial and antioxidant properties. *Adv Food Nutr Res.* 2006; 51: 271-85.
24. Huppertz T, Gazi I, Luyten H, et al. High-pressure-induced changes in bovine milk: a review. *Int Dairy J.* 2011; 21(9): 703-12.
25. Considine KM, Kelly AL, Fitzgerald GF, Hill C, Sleator RD. High-pressure processing – effects on microbial food safety and food quality. *FEMS Microbiol Lett.* 2008; 281(1): 1-9.
26. Balasubramaniam VM, Martínez-Monteaagudo SI, Gupta R. Principles and application of high pressure-based technologies in the food industry. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2015; 6: 435-62.
27. Pagnossa JP, da Silva A, Volpi S. High pressure processing in milk and dairy products: current state and future prospects. *J Food Sci Technol.* 2020; 57(11): 4067-77.