CAPÍTULO DO LIVRO – CONEXÕES CIENTÍFICAS - AMBIENTE, SAÚDE, EDUCAÇÃO E INOVAÇÃO - PUBLICADO POR: EDITORA MANUAL
ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE E SUA INFLUÊNCIA NOS PROCESSOS FERMENTATIVOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

DOI DO CAPÍTULO: 10.29327/5963731.1-2

Paulo de Tárcio da Silva Júnior, e-mail: tarcio.jr@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/0793107269497381
Jozadake Petry Fausto, e-mail: jozadakepetryfausto@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/3339996527225371
Giselle Silva de Souza, e-mail: giselle.silva908@gmail.com URL lattes: http://lattes.cnpq.br/7391062473926377
Mariana Cabral do Nascimento Santos, e-mail: marianacabralsantos2@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/7558622538353505
Juciele da Silva Monteiro, e-mail: jucielle.santus@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/9402141032729211
Pedro Almeida do Nascimento Júnior, e-mail: mailto:E-mail:pedroalmeidajr20@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/8833011108651984
Josilene Pereira Silva, e-mail: pereirasilvajosilene41@gmail.com, URL lattes: http://lattes.cnpq.br/5717569162096842

RESUMO

O leite apresenta composição físico-química complexa, cujas características exercem influência direta sobre o comportamento das culturas microbianas e sobre o desempenho dos processos fermentativos empregados na indústria de alimentos. Este capítulo teve como objetivo analisar a relação entre as propriedades físico-químicas do leite e a eficiência da fermentação, considerando suas repercussões na qualidade tecnológica dos derivados lácteos. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, conduzida de acordo com as recomendações do protocolo PRISMA. Após as etapas de identificação, triagem e elegibilidade, 34 estudos compuseram a síntese qualitativa. As evidências demonstraram que pH, acidez titulável, lactose, proteínas, lipídios, minerais e sólidos totais exercem influência sobre a atividade das bactérias ácido-láticas, a velocidade de acidificação, a estabilidade das micelas de caseína e a formação da matriz proteica. Verificou-se ainda que a eficiência fermentativa resulta da interação entre a composição da matéria-prima, as características metabólicas das culturas iniciadoras e as condições de processamento, com repercussões sobre viscosidade, sinérese, textura, aroma, estabilidade e qualidade sensorial dos produtos. Conclui-se que o controle integrado das propriedades físico-químicas do leite, associado à seleção adequada das culturas e à padronização das condições de fermentação, constitui elemento essencial para melhorar a eficiência tecnológica e assegurar maior uniformidade e qualidade aos derivados lácteos fermentados.

PALAVRAS-CHAVE: leite; propriedades físico-químicas; fermentação; bactérias ácido-láticas; derivados lácteos.

1. INTRODUÇÃO

O leite constitui uma das principais matérias-primas da indústria de alimentos, sendo amplamente empregado na elaboração de produtos fermentados devido ao seu elevado valor nutricional e às suas propriedades tecnológicas. Caracteriza-se como um sistema biológico

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

complexo, constituído principalmente por água, proteínas, lipídios, lactose, minerais e enzimas, cujas interações determinam suas características físico-químicas, estabilidade e comportamento durante o processamento (Sharma *et al*., 2023; Cruz *et al*., 2026). Sua composição, entretanto, não é constante e pode ser influenciada por fatores fisiológicos, nutricionais, sanitários e tecnológicos, com reflexos diretos na qualidade da matéria-prima.

Entre os principais parâmetros relacionados à qualidade tecnológica do leite destacam-se pH, acidez titulável, densidade, sólidos totais, proteínas, lipídios, lactose e minerais. Alterações nesses componentes podem interferir na estabilidade coloidal, na coagulação das proteínas e no comportamento do leite durante diferentes etapas de processamento (Ribeiro, 2021; Sharma *et al.*, 2023). Além disso, as características físico-químicas da matéria-prima estão diretamente relacionadas às condições disponíveis para o desenvolvimento microbiano e, consequentemente, ao desempenho dos processos fermentativos (Hassan; Frank, 2019).

Na fermentação láctica, as bactérias ácido-láticas desempenham papel fundamental ao metabolizarem a lactose e produzirem ácido lático, ocasionando redução do pH e modificações na estrutura das proteínas do leite. Essas transformações contribuem para a formação da textura, do aroma, do sabor e de outras características próprias dos derivados fermentados (Coelho *et al.,* 2022; Huang *et al.*, 2023). A fermentação também pode favorecer a conservação dos alimentos, melhorar sua digestibilidade e contribuir para a segurança microbiológica e para o desenvolvimento de características funcionais desejáveis (Sharma *et al.*, 2023).

O desempenho desse processo está estreitamente associado à composição da matéria-prima. A disponibilidade de lactose influencia o metabolismo das culturas fermentadoras, enquanto proteínas, minerais e lipídios participam da formação da estrutura e das características tecnológicas e sensoriais dos produtos. A estabilidade das micelas de caseína e o equilíbrio mineral também são determinantes para fenômenos como acidificação, coagulação e formação da matriz dos derivados fermentados (Hassan; Frank, 2019; Sharma *et al.*, 2023). Nesse contexto, alterações decorrentes da alimentação dos animais, do estágio de lactação, das condições sanitárias ou do manejo podem modificar a composição do leite e repercutir sobre a eficiência fermentativa e o rendimento industrial (Silva *et al.,* 2024; Cruz *et al*., 2026).

Compreender essas relações é particularmente importante para a indústria de alimentos, uma vez que variações aparentemente pequenas nas características da matéria-prima podem resultar em diferenças no tempo de fermentação, na atividade das culturas iniciadoras, no rendimento e na estabilidade dos produtos, além de influenciar atributos sensoriais e microbiológicos. A integração das evidências disponíveis sobre esses fatores pode contribuir

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

para o estabelecimento de estratégias mais eficientes de controle da matéria-prima e otimização do processamento de derivados lácteos fermentados.

Diante desse contexto, este capítulo analisa a influência das propriedades físico-químicas do leite sobre os processos fermentativos, com ênfase nas relações entre composição da matéria-prima, atividade das bactérias ácido-láticas e qualidade dos produtos obtidos. Busca-se discutir os principais parâmetros físico-químicos envolvidos, seus efeitos sobre o crescimento e o metabolismo das culturas fermentadoras e suas repercussões sobre o rendimento, a estabilidade e as características tecnológicas e sensoriais dos derivados lácteos, reunindo evidências que contribuam para uma compreensão integrada dessa relação na indústria de alimentos.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização do estudo

Este capítulo foi desenvolvido a partir de uma revisão sistemática da literatura, conduzida sob abordagem qualitativa e de caráter descritivo-analítico. A investigação concentrou-se na análise das evidências científicas relacionadas às características físico-químicas do leite e às suas implicações nos processos fermentativos empregados pela indústria de alimentos. Nesse contexto, foram consideradas propriedades como pH, acidez, lactose, proteínas, lipídios e minerais, buscando-se compreender suas relações com a atividade microbiana e com o desempenho tecnológico dos produtos lácteos fermentados.

A adoção da revisão sistemática possibilitou organizar e examinar criticamente estudos relacionados à composição e à qualidade do leite, bem como aos fenômenos microbiológicos e tecnológicos envolvidos na fermentação. Essa abordagem permitiu reunir conhecimentos produzidos em diferentes investigações e identificar convergências, divergências e aspectos ainda pouco explorados acerca da influência das características da matéria-prima sobre o processo fermentativo.

Para assegurar maior rigor e transparência à condução da revisão, foram estabelecidos procedimentos previamente definidos para busca, identificação, seleção e análise dos estudos. O percurso metodológico foi orientado pelas recomendações do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), conforme a atualização apresentada por Page *et al*. (2021), contemplando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão das publicações que compuseram o conjunto final de análise.

2.2 Bases de dados e estratégia de busca

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

O levantamento bibliográfico foi realizado em fontes nacionais e internacionais com cobertura nas áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ciência dos Alimentos, Engenharia de Alimentos, Química, Microbiologia e Ciências Agrárias. Para a recuperação das publicações, foram consultados Google Acadêmico, SciELO, Portal de Periódicos CAPES, Scopus, Web of Science, ScienceDirect e PubMed.

A estratégia de busca foi estruturada a partir de descritores em português e inglês, utilizados individualmente ou de forma combinada com os operadores booleanos AND e OR. Em português, foram empregados os termos “leite”, “propriedades físico-químicas do leite”, “composição química do leite”, “qualidade do leite”, “fermentação”, “processos fermentativos”, “fermentação lática”, “indústria de alimentos” e “bactérias ácido-láticas”. Para as buscas em inglês, foram utilizados *“milk”*, *“physicochemical properties of milk”*, *“milk composition”*, *“milk quality”*, *“fermentation”*, *“lactic fermentation”*, *“food industry”*, *“starter cultures”* e *“lactic acid bacteria”*. As diferentes combinações foram empregadas com o propósito de recuperar estudos relacionados tanto às características da matéria-prima quanto aos fenômenos microbiológicos e tecnológicos envolvidos na fermentação.

Foram consideradas publicações compreendidas entre 2011 e 2026, permitindo reunir evidências produzidas ao longo desse período sobre qualidade e composição do leite, tecnologias de fermentação e suas aplicações na indústria de alimentos. A busca eletrônica foi complementada pela verificação manual das listas de referências dos trabalhos selecionados, com a finalidade de localizar publicações pertinentes que eventualmente não tivessem sido recuperadas pelas estratégias empregadas nas bases consultadas.

2.3 Critérios de elegibilidade

A definição do conjunto de estudos analisados foi orientada por critérios previamente estabelecidos de inclusão e exclusão. Foram elegíveis trabalhos que investigassem a relação entre as propriedades físico-químicas do leite e os processos fermentativos de interesse para a indústria de alimentos. Também foram contempladas pesquisas que apresentassem informações pertinentes sobre composição química da matéria-prima, atividade microbiana, comportamento das culturas iniciadoras e características tecnológicas, sensoriais ou de estabilidade dos produtos fermentados.

Quanto ao tipo de publicação, foram considerados artigos científicos originais, revisões sistemáticas e narrativas, dissertações, teses e capítulos de livros, redigidos em português ou inglês e disponíveis integralmente para consulta. A seleção priorizou documentos com

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

informações suficientes para a identificação de sua abordagem metodológica e de sua contribuição para a temática investigada.

Foram excluídas publicações sem relação direta com o objeto da revisão, bem como pesquisas direcionadas exclusivamente à produção animal, à sanidade dos rebanhos ou a aspectos veterinários que não estabelecem relação com a composição do leite ou com os processos tecnológicos de fermentação. Também foram retirados registros duplicados, resumos publicados em eventos científicos, artigos de opinião e documentos que não apresentassem informações metodológicas suficientes para permitir sua avaliação. Materiais não submetidos a procedimentos de controle acadêmico ou editorial e que não se enquadrarem nas categorias previamente estabelecidas para inclusão também não integraram o conjunto final da revisão.

2.4 Processo de seleção dos estudos

A seleção das publicações seguiu o fluxo recomendado pelo PRISMA, abrangendo as fases de identificação, triagem, avaliação da elegibilidade e inclusão. Os registros inicialmente recuperados nas fontes de informação foram reunidos e submetidos à verificação de duplicidade antes da análise de sua pertinência em relação à temática investigada. Na etapa de identificação, foram recuperados 200 registros. Após a remoção de 86 duplicatas, 114 publicações permaneceram para a triagem. Nessa fase, títulos, resumos e palavras-chave foram examinados de acordo com os critérios previamente definidos, resultando na exclusão de 20 estudos que não apresentavam relação suficiente com o objeto da revisão.

Em seguida, 94 publicações foram avaliadas mediante leitura do texto completo. Essa análise teve como finalidade verificar a correspondência entre o conteúdo dos trabalhos e os critérios de elegibilidade estabelecidos. Foram excluídos 60 estudos em razão de aspectos como incompatibilidade temática ou metodológica, ausência de informações necessárias à análise ou não atendimento aos demais critérios definidos para a revisão. Ao final desse percurso, 34 estudos atenderam aos requisitos estabelecidos e constituíram o conjunto documental utilizado na síntese qualitativa. A organização das diferentes fases de seleção possibilita documentar o processo de identificação e refinamento das publicações até a definição do material efetivamente empregado na análise.

2.5 Extração, organização e análise dos dados

Após a definição do conjunto final de estudos, as informações de interesse foram extraídas de maneira sistematizada e registradas em uma matriz elaborada para orientar a análise. Foram considerados dados referentes à autoria, ano de publicação, país de realização

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

do estudo, objetivo, delineamento metodológico, tipo de leite investigado, propriedades físico-químicas avaliadas, microrganismos empregados nos processos fermentativos, procedimentos experimentais e principais achados relacionados à interação entre as características da matéria-prima e a fermentação.

Os dados extraídos foram organizados em planilhas eletrônicas, permitindo a ordenação e a comparação das informações provenientes das diferentes publicações. Posteriormente, foi realizada uma síntese narrativa de natureza qualitativa, direcionada à identificação de padrões, convergências, divergências e aspectos ainda insuficientemente explorados na literatura.

Para orientar a interpretação, os achados foram distribuídos em eixos temáticos relacionados à composição físico-química do leite, à influência de seus constituintes sobre a atividade microbiana, aos efeitos dessas propriedades sobre o desempenho fermentativo e às repercussões na qualidade tecnológica dos produtos obtidos. Também foram considerados os avanços relatados na literatura quanto à otimização dos processos fermentativos empregados pela indústria de alimentos.

A análise integrada das publicações permitiu examinar as relações estabelecidas entre parâmetros como pH, acidez titulável, lactose, proteínas, lipídios, minerais e sólidos totais e o comportamento das culturas iniciadoras durante a fermentação. A partir dessa organização, também foram identificadas limitações metodológicas, tendências de investigação e lacunas que podem orientar novos estudos sobre a qualidade da matéria-prima e o aperfeiçoamento tecnológico da produção de derivados lácteos fermentados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físico-químicas do leite como determinantes da qualidade tecnológica

A síntese dos estudos selecionados evidencia que as propriedades físico-químicas do leite constituem a base da qualidade tecnológica da matéria-prima e condicionam diretamente seu desempenho nos processos fermentativos empregados pela indústria de alimentos. Independentemente da abordagem metodológica adotada pelos diferentes autores, observa-se consenso de que parâmetros como composição centesimal, acidez titulável, densidade, teor de sólidos totais, composição mineral e qualidade microbiológica são indicadores fundamentais da aptidão do leite para o processamento industrial.

Tabela 1 – Principais estudos que relacionam as propriedades físico-químicas do leite à qualidade tecnológica e aos processos fermentativos.

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

Autor	Objetivo	Parâmetros avaliados	Principais contribuições
Monteiro (2026)	Avaliar a composição de leites A1A1 e A2A2	Proteínas, gordura, sólidos totais e composição centesimal	A composição do leite é mais influenciada por fatores fisiológicos e nutricionais do que pelo polimorfismo da β-caseína.
Terra (2021)	Investigar a qualidade do leite destinado ao processamento	Qualidade físico-química e microbiológica	A qualidade da matéria-prima determina o rendimento industrial e a estabilidade dos derivados lácteos.
Ribeiro (2021)	Caracterizar a composição química do leite	Proteínas, lactose, gordura, minerais e enzimas	Os constituintes químicos regulam os processos de coagulação, fermentação e estabilidade dos produtos.
Silva (2024)	Avaliar a qualidade do leite cru comercializado	Acidez, proteínas, sólidos totais, cinzas e microbiologia	Alterações físico-químicas e microbiológicas reduzem a estabilidade e comprometem a aptidão tecnológica do leite.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os estudos reunidos nesta revisão demonstram que o leite deve ser compreendido como um sistema coloidal complexo, formado por água e por uma fração sólida composta por proteínas, lipídios, lactose, minerais, vitaminas e enzimas. A organização desses constituintes em emulsões, suspensões e soluções verdadeiras confere elevada estabilidade estrutural, mas também torna a matéria-prima sensível às variações fisiológicas, nutricionais e ambientais que ocorrem ao longo da cadeia produtiva (Silva *et al.*, 2011). Dessa forma, a qualidade tecnológica do leite não depende apenas de sua composição, mas da interação dinâmica entre seus componentes.

Entre os parâmetros avaliados, a composição centesimal destaca-se como um dos principais indicadores da aptidão industrial. Monteiro (2026) demonstrou que proteínas, gordura e sólidos totais apresentam maior variação em função da alimentação, do estágio fisiológico e das condições nutricionais dos animais do que do polimorfismo da β-caseína. Além disso, a correlação positiva observada entre gordura, sólidos totais e perfil de ácidos

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

graxos evidencia que esses componentes atuam de forma integrada na determinação do rendimento e da qualidade dos derivados lácteos.

Essa influência composicional é complementada pelos resultados de Ribeiro (2021), que atribui às proteínas e à lactose papel central na tecnologia dos produtos fermentados. As caseínas, organizadas em micelas estáveis, constituem a estrutura responsável pelos processos de coagulação, enquanto a lactose representa o principal substrato energético das bactérias ácido-láticas. Durante a fermentação, a conversão da lactose em ácido lático promove a redução do pH, desestabiliza as micelas de caseína e favorece a formação do gel característico de produtos como iogurtes e leites fermentados.

Outro aspecto recorrente entre os estudos refere-se à importância da composição mineral e da fração lipídica para a qualidade dos derivados. Cálcio e fósforo participam da estabilidade das micelas de caseína e influenciam diretamente a formação da matriz proteica durante a coagulação, enquanto a gordura contribui para atributos sensoriais como textura, cremosidade e sabor. Esses componentes, portanto, exercem funções complementares, afetando simultaneamente o desempenho tecnológico e a aceitação do produto final (Ribeiro, 2021).

Além da composição química, a qualidade microbiológica emerge como um fator determinante para a estabilidade da matéria-prima. Terra (2021) e Silva (2024) demonstram que alterações nos parâmetros físico-químicos frequentemente estão associadas a deficiências nas condições higiênico-sanitárias de ordenha, armazenamento e refrigeração. A presença elevada de microrganismos indicadores acelera a acidificação espontânea do leite, reduz sua vida útil e compromete o desempenho das culturas iniciadoras utilizadas na fermentação industrial.

Os resultados obtidos por Silva (2024) ilustram essa relação ao registrar acidez titulável entre 0,38 e 0,48 g/100 mL, teor proteico inferior ao padrão mínimo recomendado (2,61%) e elevada ocorrência de coliformes totais e termotolerantes. Paralelamente, as variações observadas nos sólidos totais (10,83% a 16,66%) e no teor de cinzas evidenciam inconsistências na composição da matéria-prima, refletindo falhas ao longo da cadeia produtiva e reduzindo sua estabilidade tecnológica.

Quando analisados de forma integrada, os estudos revelam elevada convergência quanto aos fatores que determinam a qualidade do leite para fins fermentativos. Monteiro (2026) enfatiza a influência das condições fisiológicas e nutricionais sobre a composição centesimal; Ribeiro (2021) demonstra como os constituintes químicos regulam os mecanismos de coagulação e fermentação; Terra (2021) relaciona esses parâmetros ao rendimento industrial

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

e à qualidade dos derivados; e Silva (2024) evidencia que alterações físico-químicas e microbiológicas decorrentes de manejo inadequado comprometem a estabilidade da matéria-prima. Embora abordem perspectivas distintas, todos os trabalhos reforçam que a eficiência dos processos fermentativos depende da manutenção de uma composição físico-química equilibrada e de elevados padrões de qualidade microbiológica.

Em conjunto, as evidências demonstram que lactose, proteínas, minerais, gordura e estabilidade microbiológica atuam de maneira integrada sobre o desenvolvimento das culturas iniciadoras, a formação do gel, o rendimento industrial e as propriedades sensoriais dos produtos fermentados. Assim, o monitoramento sistemático desses parâmetros ao longo da cadeia produtiva constitui uma estratégia essencial para garantir padronização tecnológica, segurança dos alimentos e maior eficiência na fabricação de derivados lácteos.

3.2 Processos fermentativos na indústria de alimentos: fundamentos e fatores condicionantes

A fermentação representa uma importante ferramenta biotecnológica empregada na transformação e conservação de alimentos, fundamentando-se na atividade metabólica de microrganismos capazes de utilizar diferentes substratos e convertê-los em compostos de interesse tecnológico. Bactérias ácido-láticas, leveduras e fungos participam desses processos mediante a formação de ácidos orgânicos, etanol, dióxido de carbono, enzimas e diferentes compostos voláteis, responsáveis por modificações na textura, no aroma, no sabor, na estabilidade e na conservação dos produtos. Além de sua importância industrial, a fermentação está relacionada à manutenção de práticas tradicionais e à valorização de alimentos regionais, constituindo um processo que integra conservação, transformação sensorial e agregação de valor às matérias-primas (Lima *et al.,* 2022; Sousa *et al.,* 2023).

A condução do processo pode ocorrer pela atuação da microbiota naturalmente associada à matéria-prima e ao ambiente de produção ou mediante inoculação de culturas previamente selecionadas. No processamento industrial, o emprego de culturas iniciadoras possibilita maior controle sobre a fermentação, favorecendo a uniformidade entre os lotes e reduzindo alterações microbiológicas e sensoriais indesejáveis. Nesse sentido, Margalho *et al*. (2021) identificaram em bactérias ácido-láticas provenientes de queijos artesanais brasileiros características de interesse tecnológico, incluindo capacidade de acidificação, tolerância ao sal, atividade proteolítica e potencial de biopreservação. Tais propriedades demonstram que a seleção adequada dos microrganismos pode contribuir simultaneamente para o desempenho

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

fermentativo, a estabilidade microbiológica e o desenvolvimento das características sensoriais do produto (Kothe *et al.*, 2022).

No processamento de derivados lácteos, as bactérias ácido-láticas assumem papel particularmente relevante, uma vez que metabolizam carboidratos fermentescíveis, principalmente a lactose, promovendo a formação de ácido láctico e a consequente redução do pH. A acidificação modifica as condições do meio, interfere na estrutura das proteínas e restringe o desenvolvimento de diversos microrganismos deteriorantes ou potencialmente patogênicos. Dependendo das cepas empregadas, essas bactérias também podem conferir propriedades funcionais aos produtos fermentados. Entretanto, seu emprego requer avaliação da viabilidade durante o processamento e armazenamento, da interação com a matriz alimentar, da segurança e da manutenção das características funcionais desejadas (Silva *et al.*, 2023; Pineda *et al.*, 2021).

A atividade desses microrganismos não depende exclusivamente da cultura utilizada, mas resulta da interação entre diferentes condições do processo. Temperatura, pH, atividade de água, disponibilidade de nutrientes, concentração de sais, oxigenação, tempo de fermentação e composição da matéria-prima podem modificar a velocidade de crescimento microbiano e o perfil dos metabólitos formados. A influência do substrato foi demonstrada por Lima *et al.* (2024), que observaram alterações no pH, na acidez e nos sólidos solúveis do kefir de água em função das diferentes fontes de sacarose utilizadas. Em outra matriz alimentar, Borém et al. (2024) verificaram que o período de fermentação e a utilização de culturas iniciadoras modificaram a composição química de cafés fermentados. Embora provenientes de matrizes distintas do leite, esses resultados demonstram um princípio comum aos sistemas fermentativos: a composição do substrato e as condições operacionais determinam, em grande medida, o comportamento dos microrganismos e as características do produto resultante (Reyes *et al.*, 2024).

Entre as variáveis de processo, a temperatura exerce influência expressiva sobre a velocidade das reações metabólicas e sobre a predominância dos diferentes grupos microbianos. Em produtos lácteos, seu controle torna-se especialmente relevante durante as etapas de fermentação e maturação, nas quais modificações na comunidade microbiana podem repercutir diretamente na formação de textura, aroma e sabor. Ströher *et al*. (2025), ao investigarem queijo artesanal Serrano, demonstraram que diferentes temperaturas de maturação alteram a dinâmica das populações bacterianas e fúngicas. Paralelamente, a ocorrência de fungos e micotoxinas relatada em queijos artesanais brasileiros evidencia que o controle das condições de processamento deve estar associado ao monitoramento

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

microbiológico, sobretudo quando são empregados períodos prolongados de maturação (Rodrigues *et al.*, 2025).

A eficiência fermentativa, portanto, resulta da interação entre as características do microrganismo, as condições operacionais e a composição da matriz alimentar. Essa relação assume importância particular no processamento do leite, pois propriedades como disponibilidade de lactose, concentração proteica, teor de gordura, equilíbrio mineral, pH e acidez estabelecem condições específicas para o desenvolvimento das culturas iniciadoras e para as transformações estruturais que ocorrem durante a fermentação. Dessa forma, controlar apenas temperatura e tempo de processo não é suficiente para assegurar resultados uniformes quando a própria matéria-prima apresenta variações significativas em sua composição.

Sob a perspectiva industrial, a padronização dos processos fermentativos deve conciliar a diversidade das matérias-primas e dos microrganismos com requisitos de segurança, estabilidade e qualidade sensorial. Essa necessidade também se aplica aos alimentos tradicionalmente fermentados, cuja valorização econômica depende da incorporação de práticas capazes de preservar suas características particulares sem comprometer o controle microbiológico e tecnológico. Nesse contexto, a fermentação ultrapassa sua função histórica de conservação e passa a constituir uma estratégia de inovação, diversificação de produtos e aproveitamento tecnológico das matérias-primas alimentares (Lima *et al.,* 2022; Sousa *et al.*, 2023).

3.3 Relação entre as propriedades físico-químicas do leite e a eficiência dos processos fermentativos

A composição físico-química do leite estabelece as condições necessárias para o desenvolvimento das culturas fermentadoras e para as transformações estruturais que caracterizam os derivados lácteos. Nesse processo, pH, acidez titulável, disponibilidade de lactose, concentração de proteínas e lipídios, equilíbrio mineral e estabilidade das micelas de caseína atuam de maneira interdependente. Variações nesses parâmetros podem modificar a atividade metabólica das bactérias ácido-láticas, interferindo na velocidade de acidificação, no tempo necessário para a fermentação e nas características estruturais do produto final (Wang *et al.*, 2021; Widyastuti *et al*., 2021).

Entre os componentes envolvidos, a lactose desempenha função central por constituir o principal carboidrato utilizado pelas bactérias ácido-láticas. Sua metabolização resulta predominantemente na formação de ácido lático, promovendo redução progressiva do pH e aumento da acidez do meio. À medida que o pH se aproxima do ponto isoelétrico das caseínas,

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

ocorre diminuição da estabilidade das micelas, favorecendo sua agregação e a formação de uma matriz protéica tridimensional. Essa reorganização estrutural está diretamente relacionada à consistência, viscosidade, capacidade de retenção de água e estabilidade dos produtos lácteos fermentados (Wang *et al.*, 2021; Widyastuti *et al.,* 2021).

A fermentação, entretanto, não se restringe à acidificação da matriz láctea. A atividade metabólica das culturas também promove a formação de compostos voláteis, peptídeos bioativos e exopolissacarídeos, capazes de modificar propriedades sensoriais, estruturais e funcionais do alimento. A produção desses metabólitos pode contribuir para o desenvolvimento de aroma e sabor, além de favorecer a viscosidade e a estabilidade da matriz, demonstrando que a qualidade final resulta da interação entre composição do leite e metabolismo microbiano (Hoxha; Evstatieva; Nikolova, 2023).

A integridade das proteínas e dos lipídios constitui outro elemento importante para o desempenho fermentativo. Faria *et al.* (2020) verificaram que o aumento da contagem de células somáticas está relacionado à maior atividade de enzimas proteolíticas e lipolíticas, capazes de promover alterações nas frações proteica e lipídica do leite. Essas modificações podem reduzir a estabilidade das caseínas e repercutir negativamente sobre a acidificação, a formação do gel e a textura do iogurte. Nesse sentido, condições da matéria-prima que antecedem o processamento podem produzir efeitos que permanecem perceptíveis mesmo após o início da fermentação.

A influência da composição torna-se igualmente evidente quando são comparados leites provenientes de diferentes espécies. Vianna *et al.* (2019) e Dimitrellou *et al.* (2019) demonstraram que diferenças no conteúdo de sólidos e na composição físico-química da matéria-prima repercutem sobre viscosidade, sinérese, microestrutura e comportamento das culturas fermentadoras. Esses resultados indicam que a padronização das condições de fermentação deve considerar as particularidades da matriz utilizada, uma vez que a aplicação das mesmas condições operacionais a matérias-primas com características distintas não necessariamente produz resultados tecnológicos equivalentes.

Além das características do leite, a resposta fermentativa depende da espécie e da cepa microbiana empregadas. Nguyen *et al*. (2023) observaram diferenças no metabolismo de bactérias ácido-láticas associadas à produção de ácido láctico, compostos voláteis e exopolissacarídeos. De maneira complementar, Zhao *et al.* (2024) demonstraram que modificações na proporção entre *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus helveticus* interferem no pH final, na acidez titulável, no tempo necessário para completar a fermentação

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

e no perfil aromático. Assim, a eficiência do processo resulta não apenas da qualidade isolada da matéria-prima ou da cultura iniciadora, mas da compatibilidade entre ambas.

Essa interação também pode ser explorada para melhorar características tecnológicas dos produtos. Cepas probióticas e bactérias ácido-láticas nativas capazes de produzir exopolissacarídeos e substâncias com atividade antimicrobiana têm sido associadas ao aumento da viscosidade, à redução da sinérese e à maior estabilidade dos leites fermentados (Hoxha; Evstatieva; Nikolova, 2023; Valdiviezo-Marcelo *et al*., 2023). Esses efeitos demonstram que a seleção de culturas com propriedades metabólicas específicas pode constituir uma estratégia para modular a estrutura e a funcionalidade do produto final.

A composição da matriz fermentativa pode ainda ser modificada pela incorporação de ingredientes com finalidade nutricional ou funcional. Estudos envolvendo cupuaçu e melaço de alfarroba demonstraram alterações favoráveis em propriedades físico-químicas, nutricionais e antioxidantes dos produtos, sem inviabilizar o desenvolvimento do processo fermentativo (Gutiérrez-Álzate *et al*., 2023; El-Sayed; Aly; El-Deeb, 2024). Entretanto, a utilização desses ingredientes exige considerar suas possíveis interações com proteínas, carboidratos e microrganismos, uma vez que mudanças na disponibilidade de substratos e nas condições físico-químicas do meio podem modificar a dinâmica da fermentação.

Em conjunto, as evidências apontam que a eficiência dos processos fermentativos resulta de uma relação dinâmica entre a composição da matéria-prima, as características das culturas utilizadas e as condições de processamento. Kong *et al*. (2025) reforçam que a interação entre os componentes químicos do leite e os diferentes grupos de bactérias fermentadoras exerce influência determinante sobre o desenvolvimento da fermentação. Dessa forma, o controle do pH e da acidez, associado à adequada disponibilidade de lactose, à integridade das proteínas, ao equilíbrio mineral e à estabilidade das micelas de caseína, constitui elemento fundamental para alcançar acidificação adequada, formação satisfatória da matriz proteica e produtos fermentados com maior estabilidade e qualidade tecnológica e sensorial.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências reunidas neste capítulo demonstram que as propriedades físico-químicas do leite exercem papel determinante sobre a eficiência dos processos fermentativos e sobre a qualidade dos derivados lácteos. Parâmetros como pH, acidez titulável, teor de lactose, proteínas, lipídios, minerais e sólidos totais não atuam de maneira isolada, mas estabelecem

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

condições que interferem no metabolismo das culturas iniciadoras, na velocidade de acidificação e nas transformações estruturais responsáveis pelas características dos produtos fermentados.

Entre esses componentes, destaca-se a interação entre lactose, bactérias ácido-láticas e proteínas do leite. A utilização da lactose pelas culturas fermentadoras promove a produção de ácido láctico e a redução do pH, desencadeando alterações na estabilidade das micelas de caseína e favorecendo a formação da matriz proteica. Paralelamente, a composição mineral, o teor de gordura e a integridade das frações proteicas contribuem para características como viscosidade, retenção de água, sinérese, textura, aroma e estabilidade do produto final.

A análise dos estudos também evidencia que a eficiência fermentativa não depende exclusivamente da composição inicial do leite. As características metabólicas das culturas empregadas e fatores de processamento, como temperatura, tempo de fermentação, disponibilidade de nutrientes e condições microbiológicas da matéria-prima, interagem diretamente com suas propriedades físico-químicas. Dessa forma, matérias-primas com composições distintas podem apresentar respostas diferentes mesmo quando submetidas a condições semelhantes de processamento, reforçando a importância da caracterização e da padronização do leite destinado à fermentação.

Sob a perspectiva industrial, esses achados ressaltam a necessidade de integrar o controle da qualidade da matéria-prima à seleção adequada das culturas iniciadoras e ao monitoramento das condições de processamento. Essa abordagem pode contribuir para maior previsibilidade da fermentação, redução de variações entre lotes e obtenção de derivados com características tecnológicas, microbiológicas e sensoriais mais uniformes.

Por fim, embora os estudos analisados demonstram avanços na compreensão das relações entre composição do leite e desempenho fermentativo, ainda são necessárias investigações que avaliem de forma integrada as interações entre diferentes componentes da matriz láctea, cepas microbianas e condições de processamento. O aprofundamento dessas relações poderá subsidiar estratégias de otimização industrial e o desenvolvimento de produtos fermentados com maior estabilidade, funcionalidade e qualidade.

REFERÊNCIAS

BORÉM, F. M. *et al.,* Influence of fermentation time and inoculation of starter culture on fermented coffees. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 96, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aabc/a/BgCRJgCj5S398YbrqCfHFMQ/?lang=en. Acesso em: 26 jun. 2026.

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731
COELHO, M. C.; SILVA, C. C. G.; RIBEIRO, A. C. Lactic acid bacteria in dairy fermentation: technological and functional roles. Food Bioscience, v. 47, p. 101617, 2022. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101617

CRUZ, L. H. O. *et al.,* Fermented milk and dairy alternatives: physicochemical, microbiological and technological aspects. Food Chemistry, 2023. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136340

DIMITRELLOU, D. *et al.,* Effect of milk type on the microbiological, physicochemical and sensory characteristics of probiotic fermented milk. *Microorganisms*, Basel, v. 7, n. 9, p. 274, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms7090274.

EL-SAYED, M. I.; ALY, E.; EL-DEEB, A. M. Improving the physicochemical and antioxidative properties of fermented goat milk using carob molasses and some probiotic strains. *Food Science and Biotechnology*, v. 33, p. 657-666, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10068-023-01382-2.

FARIA, A. P. A. *et al.,* Influência do leite com elevada contagem de células somáticas sobre características físico-químicas e processo de fermentação de iogurte. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 21, e44773, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-44773.

GUTIÉRREZ-ÁLZATE, K. *et al.,* Physicochemical, rheological and nutritional quality of artisanal fermented milk beverages with cupuaçu pulp and flour (*Theobroma grandiflorum*). *Foods*, Basel, v. 12, n. 11, p. 2217, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12112217.

HASSAN, A. N.; FRANK, J. F. Physicochemical properties of milk and their role in fermentation processes. Journal of Dairy Science, v. 102, n. 10, p. 8755–8770, 2019. https://doi.org/10.3168/jds.2019-16432

HOXHA, R.; EVSTATIEVA, Y.; NIKOLOVA, D. Physicochemical, rheological, and sensory characteristics of yogurt fermented by lactic acid bacteria with probiotic potential and bioprotective properties. *Foods*, Basel, v. 12, n. 13, p. 2552, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12132552.

HUANG, M. *et al.,* Lactic acid bacteria metabolism and functional properties in fermented dairy products. Frontiers in Microbiology, v. 14, 2023. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1187654

KONG, F. *et al.,* Comparative study on the physical and chemical properties influenced by variations in fermentation bacteria groups: inoculating different fermented mare's milk into cow's milk. *Foods*, Basel, v. 14, n. 8, p. 1328, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/foods14081328.

KOTHE, C. I.; MOHELLIBI, N.; RENAULT, P. Revealing the microbial heritage of traditional Brazilian cheeses through metagenomics. Food Research International, Amsterdam, v. 157, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111265. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35761577/. Acesso em: 26 jun. 2026.

LIMA, A. L. B. C. *et al.,* Different sources of sucrose in water kefir fermentation. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 27, 2024. Disponível em:

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

https://www.scielo.br/j/bjft/a/PkpGcsD7Rnw3N7B6cGcWctk/?lang=en. Acesso em: 26 jun. 2026.

LIMA, T. T. M. *et al.,* Traditional Brazilian fermented foods: cultural and technological aspects. Journal of Ethnic Foods, v. 9, 2022. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/s42779-022-00153-4. Acesso em: 26 jun. 2026.

MARGALHO, L. P. *et al.,* High throughput screening of technological and biopreservation traits of a large set of wild lactic acid bacteria from Brazilian artisanal cheeses. Food Microbiology, Amsterdam, v. 97, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103872. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103872. Acesso em: 26 jun. 2026.

MONTEIRO, Anna Júlia Sousa. Parâmetros físico-químicos e constituintes do leite de vacas A1A1 e A2A2 como indicadores de qualidade: compostos nitrogenados, não nitrogenados. 2026. Dissertação (Mestrado em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos) – Universidade de Uberaba (Uniube), Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos, Uberaba, MG, 2026.

NGUYEN, H. T. H. *et al.,* Differences in aroma metabolite profile, microstructure, and rheological properties of fermented milk using different cultures. *Foods*, Basel, v. 12, n. 9, p. 1875, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12091875.

PAGE, M. J.; *et al.,* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, London, v. 372, n. 71, p. 1–9, 2021. DOI: https://doi.org/10.1136/bmj.n71

PINEDA, A. P. A. *et al.,* Brazilian artisanal cheeses: diversity, microbiological safety, and challenges for the sector. Frontiers in Microbiology, Lausanne, v. 12, 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33959118/. Acesso em: 26 jun. 2026.

REYES, E. I. M. *et al.,* Controlled fermentation in artisanal bioreactors to produce specialty coffee. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 48, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/xZF3FqNYC8SYBy88W6qmcSD/?lang=en. Acesso em: 26 jun. 2026.

Ribeiro, L. F. (2021). Fatores determinantes para a qualidade do leite e derivados (1ª ed.). Monte Carmelo, MG: FUCAMP.

RODRIGUES, F. Z. *et al.,* Fungi and mycotoxins in Brazilian artisanal cheese. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 28, 2025. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjft/a/LV8dvbdBn3v5s3Lp5NWRd8Q/?lang=en. Acesso em: 26 jun. 2026.

SHARMA, H. *et al.,* Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on techno-functional properties of fermented dairy products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 63, n. 21, p. 4819–4841, 2023. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2007844

SILVA, Janeanne Nascimento et al. Parâmetros e determinantes da qualidade físico-química do leite caprino. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 6, n. 3, p. 4, 2011.

ISBN: 978-65-83121-31-8 DOI DO LIVRO: 10.29327/5963731

SILVA, Paulo Henrique. Avaliação físico-química e microbiológica de leite no município de Nova Glória - GO. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres, 2024.

SILVA, A. S. *et al.,* Trends and challenges for the application of probiotic lactic acid bacteria in fermented dairy foods. Ciência Rural, Santa Maria, v. 53, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/pzMcFfzn3fv8MSsP9DSbDmJ/?lang=en. Acesso em: 26 jun. 2026.

SOUSA, N. S. O. *et al.,* Amazonian fermentations: an analysis of industrial and social technology as tools for the development of bioeconomy in the region. Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v. 83, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjb/a/Zqf4XrvmZMjb4BkF3SswLYn/?lang=en. Acesso em: 26 jun. 2026.

STRÖHER, J. A. *et al.,* Temperature drives microbial dynamics during the ripening of Serrano artisan cheese. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 97, 2025. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aabc/a/YKN9bgtJZCZ4kHs5k9ZkMBL/. Acesso em: 26 jun. 2026.

TERRA, Cristiana Baruel. Do Leite ao Queijo: Qualidade Microbiológica, Físico-Química, Sensorial e Boas Práticas na Fabricação de Queijo Colonial no Vale do Taquari-RS. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

VALDIVIEZO-MARCELO, J. *et al.,* Technological potential of native lactic acid bacteria isolated from Swiss-type artisanal cheese (Ancash, Peru) for their application in food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, Lausanne, v. 7, 2023. DOI: https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1212229.

VIANNA, F. S. *et al.,* Milk from different species on physicochemical and microstructural yoghurt properties. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 49, n. 6, e20180522, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180522.

WANG, Y. *et al.,* Metabolism characteristics of lactic acid bacteria and the expanding applications in food industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Lausanne, v. 9, 612285, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285.

WIDYASTUTI, Y.; FEBRISIANTOSA, A.; TIDONA, F. Health-promoting properties of lactobacilli in fermented dairy products. *Frontiers in Microbiology*, Lausanne, v. 12, 673890, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.673890.

ZHAO, X. *et al.,* Fermentation characteristics of fermented milk with *Streptococcus thermophilus* CICC 6063 and *Lactobacillus helveticus* CICC 6064 and volatile compound dynamic profiles during fermentation and storage. *Molecules*, Basel, v. 29, n. 6, p. 1257, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules29061257.