v7.n10.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

O LEITELHO COMO INGREDIENTE FUNCIONAL: POTENCIAL DE APLICAÇÃO EM ALIMENTOS E ESTRATÉGIAS DE VALORIZAÇÃO

BUTTERMILK AS A FUNCTIONAL INGREDIENT: POTENTIAL APPLICATIONS IN FOODS AND VALORIZATION STRATEGIES

EL SUERO DE MANTEQUILLA COMO INGREDIENTE FUNCIONAL: POTENCIAL DE APLICACIÓN EN ALIMENTOS Y ESTRATEGIAS DE VALORIZACIÓN

Guilherme Carneiro Correa[1], Guilherme de Figueiredo Furtado[2], Mayara de Souza Queirós[3]

e7109139
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i10.9139

PUBLICADO: 10/2026

RESUMO

A elevada produção de leite no Brasil contribui para a ampla oferta e diversificação de produtos lácteos, sendo a manteiga um alimento tradicional e amplamente consumido pela população brasileira. Durante a fabricação da manteiga, o leitelho é obtido como um subproduto resultante do batimento do creme. Ele apresenta uma elevada carga de matéria orgânica, característica que pode representar um desafio ambiental quando ocorre seu descarte inadequado, devido ao aumento da carga orgânica dos efluentes. Nesse cenário, o aproveitamento do leitelho consolida-se como uma estratégia viável para mitigar o desperdício de matéria-prima e reduzir o impacto ambiental quando descartado de maneira incorreta. Embora estudos realizados em diferentes países tenham demonstrado o potencial do leitelho como ingrediente funcional, sua utilização ainda representa uma área com possibilidades de expansão no Brasil. Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a composição físico-química e nutricional do leitelho, suas propriedades funcionais, bem como seu potencial de aplicação na indústria de alimentos, considerando também sua valorização no contexto da sustentabilidade e da economia circular. Os estudos analisados indicam o potencial tecnológico do leitelho no desenvolvimento de novas formulações alimentícias, consolidando-se como alternativa para a substituição parcial de insumos de maior custo econômico, contribuindo também para redução de descartes indevidos de matéria orgânica no meio ambiente. Assim, espera-se que esta revisão amplie o conhecimento sobre esse subproduto e impulsione a incorporação do leitelho pelo setor de alimentos brasileiro, fomentando novas pesquisas voltadas às suas propriedades e aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: Leitelho. Reaproveitamento. Funcionalidade.

ABSTRACT

Brazil's high milk production contributes to an abundant supply and wide variety of dairy products, with butter being a traditional foodstuff widely consumed by the Brazilian population. During butter production, buttermilk is obtained as a byproduct of cream churning. It possesses a high organic matter content - a characteristic that can pose an environmental challenge if improperly disposed of, as it increases the organic load of effluents. In this context, utilizing buttermilk emerges as a viable strategy to mitigate raw material waste and reduce the environmental impact associated with improper disposal.

[1]UFSCar, Graduando em Engenharia de Alimentos.
[2]UFSCar, Doutor em Engenharia de Alimentos.
[3]UFSCar, Doutora em Engenharia de Alimentos.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Although studies conducted in various countries have demonstrated buttermilk's potential as a functional ingredient, its use remains an area with significant room for expansion in Brazil. Therefore, this study aimed to conduct a literature review on the physicochemical and nutritional composition of buttermilk, its functional properties, and its potential applications in the food industry, while also considering its value within the framework of sustainability and the circular economy. The studies analyzed indicate the technological potential of buttermilk to develop new food formulations; it stands as an alternative for the partial replacement of more costly ingredients and contributes to reducing the improper discharge of organic matter into the environment. Thus, this review is expected to broaden knowledge regarding this byproduct and encourage the Brazilian food sector to incorporate buttermilk, thereby fostering further research into its properties and applications.

KEYWORDS: *Buttermilk. Reuse. Functionality.*

RESUMEN
La elevada producción de leche en Brasil contribuye a una amplia oferta y diversificación de productos lácteos; la mantequilla, en particular, es un alimento tradicional y de gran consumo entre la población brasileña. Durante la elaboración de la mantequilla, se obtiene suero de mantequilla como subproducto del batido de la crema. Este presenta una elevada carga de materia orgánica, característica que puede suponer un desafío ambiental si se desecha de forma inadecuada. En este contexto, el aprovechamiento del suero de mantequilla se consolida como una estrategia viable para mitigar el desperdicio de materia prima y reducir el impacto ambiental derivado de su eliminación incorrecta. Si bien estudios realizados en diversos países han demostrado el potencial de este subproducto como ingrediente funcional, su uso representa todavía un área con posibilidades de expansión en Brasil. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre la composición fisicoquímica y nutricional del suero de mantequilla, sus propiedades funcionales y su potencial de aplicación en la industria alimentaria, considerando asimismo su valorización en el marco de la sostenibilidad y la economía circular. Los estudios analizados indican el potencial tecnológico del suero de mantequilla en el desarrollo de nuevas formulaciones alimentarias, consolidándose como una alternativa para la sustitución parcial de insumos de mayor coste económico y contribuyendo a reducir el vertido indebido de materia orgánica al medio ambiente. Así, se espera que esta revisión amplíe el conocimiento sobre dicho subproducto e impulse su incorporación en el sector alimentario brasileño.

PALABRAS CLAVE*: Suero de mantequilla. Reutilización. Funcionalidad.*

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite ocupa posição de destaque no cenário agroindustrial brasileiro, não apenas pelo volume expressivo de produção, mas também por sua relevância econômica e social. Com demanda crescente por derivados lácteos tanto no Brasil quanto no exterior, o setor impulsiona o desenvolvimento de diversas regiões promovendo geração de renda, inovação e agregação de valor aos produtos lácteos (Lima, 2025). As projeções para os próximos anos indicam continuidade no crescimento do segmento, reforçando sua importância estratégica para o país. Nesse contexto, cresce também a atenção voltada ao aproveitamento

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de subprodutos gerados durante o processamento dos derivados lácteos, que apresentam potencial de valorização dentro de uma abordagem mais sustentável e alinhada aos princípios da economia circular. Prevê-se que a produção de leite no Brasil aumente entre 1,9% e 3,1% ao ano nos próximos 10 anos, elevando-a de 36,3 bilhões de litros em 2021 para 43,9 bilhões em 2031 (MAPA, 2022). Cabe destacar, também, que o Brasil apresenta elevada produção, sendo o terceiro maior produtor de leite no cenário mundial (Silva, 2026). De acordo com Carolina (2025), a média anual de produção leiteira do Brasil é de 34 bilhões de litros, representando 4% de toda a produção global, evidenciando a relevância do país na cadeia leiteira internacional.

Em alguns processos de beneficiamento do leite, ocorre a formação de subprodutos que, muitas vezes, são subutilizados ou pouco explorados pela indústria e que, quando descartados, resultam em impactos ambientais (Teixeira, 2022). Por outro lado, a valorização desses subprodutos pode representar uma importante oportunidade para a indústria, seja na produção de novos alimentos e suplementos nutricionais, seja na geração de bioenergia ou na fabricação de insumos para outras cadeias produtivas, promovendo um modelo mais sustentável e alinhado aos princípios da economia circular. Os principais subprodutos gerados no processamento do leite são: o soro de leite e o leitelho (Camêlo, 2021).

O leitelho, resultante da fabricação da manteiga, apesar de seu elevado potencial nutricional, ainda é pouco explorado comercialmente. Na indústria de laticínios, a produção de manteiga se destaca como um dos principais produtos derivados do leite (Furtado *et al.*, 2011). Rico em fosfolipídios, proteínas e vitaminas, o leitelho pode ser aproveitado na formulação de bebidas lácteas, produtos fermentados, produtos de panificação, suplementos alimentares e até mesmo em cosméticos. Porém, no Brasil, sua utilização ainda é limitada, o que contribui para o desperdício e para potenciais impactos ambientais, devido à grande quantidade de matéria orgânica na sua composição (De Oliveira *et al.*, 2024). Nesse contexto, a valorização do leitelho representa uma oportunidade estratégica para a indústria láctea, visando não apenas a diversificação de produtos, mas também a promoção de práticas sustentáveis, alinhadas aos princípios da economia circular e da redução de resíduos. Com o avanço constante das tecnologias e a crescente preocupação ambiental das indústrias, a percepção do leitelho está se transformando rapidamente, passando de um efluente a uma fonte valiosa de nutrientes. O seu aproveitamento é necessário para diminuir os impactos ambientais, para servir como suplemento alimentar e para contribuir do ponto de vista tecnológico, pois o leitelho apresenta elevado teor de fosfolipídios, o que o torna um excelente agente emulsificante (Aragão, 2019; Pfrimer, 2018).

Esta revisão bibliográfica teve como objetivo fazer um levantamento sobre a composição físico-química e nutricional do leitelho e sobre seu potencial como ingrediente funcional em

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

diferentes produtos alimentícios, bem como sua valorização no contexto da sustentabilidade e da economia circular.

METODOLOGIA

Esta revisão bibliográfica foi redigida a partir da consulta de trabalhos em bases de dados acadêmicas e científicas, como Scopus, Google Scholar, Web of Science, ScienceDirect, SciELO, PubMed, entre outras fontes confiáveis de literatura científica e legislação pertinente. Foram selecionados artigos de pesquisa, capítulos de livros, teses e dissertações, e outros materiais pertinentes ao tema com base na relevância científica e na qualidade das fontes consultadas. Após a seleção, foi realizada uma análise detalhada de todos os materiais encontrados com a identificação das bibliografias mais importantes e a extração das informações essenciais para o estudo. A leitura crítica e a síntese dessas informações garantiram que os pontos mais relevantes tenham sido destacados e discutidos de forma aprofundada.

PANORAMA GERAL DO MERCADO DE MANTEIGA E ASPECTOS REGULATÓRIOS

A manteiga constitui um dos principais derivados da indústria de laticínios, apresentando elevada representatividade no mercado global. De acordo com Mordor Intelligence (2025), o mercado global de manteiga atingiu 29,08 bilhões de dólares em 2025 e está projetado para subir para 35,52 bilhões de dólares até 2030. O mercado de manteiga apresenta crescimento econômico projetado no período considerado. Esse comportamento é resultado tanto do elevado consumo no mercado interno quanto da expansão de segmentos de maior valor agregado, mesmo diante de debates recorrentes na literatura e na mídia sobre os possíveis impactos do consumo de gordura saturada à saúde humana (Guimarães *et al.*, 2025). Ainda assim, a indústria tem buscado modernizar e diversificar seu portfólio investindo em inovação, como, por exemplo, em produtos com adição de ingredientes funcionais, como estratégia para atender diferentes perfis de consumidores e manter o crescimento do setor e responder às mudanças nas demandas dos consumidores e às discussões científicas sobre composição lipídica e saúde cardiovascular (Dias *et al.*, 2020).

No cenário nacional, a manteiga apresenta relevância não apenas sob a ótica econômica, mas também cultural, estando fortemente associada aos hábitos cotidianos da população. O consumo de pão no café da manhã constitui uma prática tradicional no país, e a manteiga é o principal acompanhamento desse alimento, o que reforça sua presença constante

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

na dieta diária, refletindo-se em um elevado número de consumidores (Talma *et al.*, 2020). Desse modo, a manteiga consolida-se como um derivado lácteo de grande importância no Brasil, impulsionada por seu forte vínculo na mesa dos consumidores e por suas propriedades tecnológicas. De acordo com a legislação brasileira, a manteiga é definida como um produto lácteo de elevado teor de gordura obtido exclusivamente a partir das etapas de batimento e malaxagem do creme derivado do leite de vaca (Brasil, 1996). A gordura constitui o principal componente da manteiga, devendo ser exclusivamente de origem láctea, conforme estabelecido pela legislação vigente. Diante disso, o produto deve apresentar teor mínimo de gordura de 80% de sua composição total, índice necessário para assegurar seus atributos tecnológicos e sensoriais (Perroni, 2014).

Além da fração lipídica, a manteiga pode conter outros constituintes como água, proteínas, fosfolipídios, vitaminas e minerais, variando conforme o processamento adotado pelo fabricante, sendo permitida a adição de outros ingredientes regulamentados pelos padrões de identidade e qualidade (Brasil, 1996; Lei *et al.*, 2025). No que se refere à sua composição lipídica, a manteiga apresenta um perfil lipídico complexo e predominantemente composto por ácidos graxos saturados, que correspondem a cerca de 65% a 70% de sua gordura total, com destaque para os ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), mirístico (C14:0) e butírico (C4:0) (Miranda e Tabata, 2024). Quanto à sua estrutura, devido à sua composição ser majoritariamente saturada, a manteiga apresenta característica pastosa a 20 °C, textura lisa e uniforme (Silva, 2025).

PROCESSAMENTO TECNOLÓGICO DA MANTEIGA E FORMAÇÃO DO LEITELHO

De acordo com Dunford (2024), o processamento da manteiga consiste na transformação do creme de leite por meio da etapa de batimento, na qual ocorre a separação da fase gordurosa da fase líquida (leitelho), resultando em um produto semissólido com teor de gordura mínimo de 80%.

O processo tem início com a obtenção do creme de leite, que pode ser realizada por desnate natural, baseado na diferença de densidade entre as fases, ou por desnate mecânico, por meio de centrifugação, método amplamente utilizado na indústria em função de sua maior eficiência (Silva, 1996). Após a obtenção do creme, realiza-se a etapa de padronização, cujo objetivo é ajustar o teor de gordura entre 35 e 40%, parâmetro fundamental para a eficiência da etapa de batimento, seguindo também com o ajuste da acidez do creme (Silva, 2021). Em seguida, o creme é submetido a uma pasteurização com a finalidade de assegurar a qualidade

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

microbiológica do produto e logo em seguida passa pela etapa de resfriamento para preparar o creme para a etapa de maturação física, etapa importante para garantir a adequada cristalização dos triacilgliceróis presentes no glóbulo de gordura do leite (Martins *et al.*, 2020). Com o creme maturado, dá-se início à etapa de batimento. Durante essa etapa, o creme previamente padronizado, tratado termicamente e resfriado é submetido à agitação mecânica intensa, a qual promove a ruptura progressiva da membrana dos glóbulos de gordura (coalescência parcial) (Portinari, 2024).

Em função da temperatura do processo, entre 5 °C e 10 °C, a gordura encontra-se parcialmente cristalizada, condição essencial para a união dos glóbulos e a formação dos grânulos de manteiga (Silva, 2021). À medida que o batimento avança, esses grânulos aumentam de tamanho e se aglomeram, originando uma massa contínua característica da manteiga. Paralelamente à formação da massa de manteiga, ocorre a liberação da fase aquosa devido à desestabilização da emulsão óleo-em-água ocasionada pela energia mecânica aplicada na etapa de batimento (Zannata, 2017). Esse fenômeno é denominado inversão de fases (emulsão de óleo-em-água se transforma em emulsão de água-em-óleo), e ocorre principalmente devido à junção dos glóbulos de gordura, que se aglomeram e passam a constituir a fase contínua do sistema conferindo as características típicas da manteiga. Como consequência, a fase aquosa deixa de atuar como meio contínuo, sendo expulsa e separada fisicamente. Esse subproduto é denominado leitelho e concentra todos os componentes hidrossolúveis do leite.

A Figura 1 apresenta uma representação esquemática do processamento da manteiga, através da aglomeração dos grânulos de gordura decorrente da inversão de fases da emulsão. A figura também evidencia parcialmente o estado final da etapa de batimento, no qual a fase lipídica constitui o meio contínuo, enquanto a fase aquosa denominada leitelho se encontra dispersa.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Representação esquemática da inversão de fases e formação da manteiga durante o batimento



Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

Após a etapa de batimento e a separação do leitelho, são realizadas as etapas de lavagem e malaxagem, além da adição de sal (opcional) com o objetivo de aprimorar as características sensoriais do produto (Silva, 2021). Por fim, o produto é moldado, embalado e armazenado sob condições controladas, concluindo o processo de obtenção da manteiga.

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DO LEITELHO

O leitelho corresponde à fração líquida remanescente da inversão parcial da emulsão do creme que ocorre na etapa de batimento, sendo constituído majoritariamente por água, lactose, proteínas solúveis, minerais e componentes oriundos da membrana dos glóbulos de gordura do leite (MGGL) (Gebreselassie et al., 2016).

A formação da membrana do glóbulo de gordura do leite (MGGL) inicia-se no interior das células epiteliais da glândula mamária, especialmente a partir da síntese lipídica associada ao retículo endoplasmático (Costa, Jiménez-Flores e Gigante, 2009). Nesse processo, os triacilgliceróis formados se acumulam no citoplasma celular na forma de pequenas gotículas

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

lipídicas, que posteriormente se unem originando glóbulos de gordura de maiores dimensões. Durante sua secreção para o lúmen alveolar, esses glóbulos são revestidos por porções da membrana plasmática da célula secretora, formando a MGGL (Slykerman *et al.*, 2024). Essa membrana apresenta estrutura organizada em três camadas e composição complexa, sendo constituída principalmente por fosfolipídios, glicerídeos totais e parciais, glicolipídios, ácidos graxos livres, colesterol e glicoproteínas, formando um sistema com propriedades anfifílicas e elevada atividade superficial (Contarini e Povolo, 2013; Yao *et al.*, 2024).

Durante o processo de batimento do creme para a fabricação da manteiga, ocorre a ruptura mecânica dessa membrana, promovendo a aglomeração da gordura e, simultaneamente, a liberação parcial dos componentes da MGGL para a fase aquosa (Lung *et al.*, 2024). Como consequência, o leitelho torna-se relativamente enriquecido nos componentes presentes na MGGL, tornando-se um subproduto de alto valor nutricional e tecnológico, de interesse para diferentes aplicações alimentícias (Sodini *et al.*, 2006).

Apesar do potencial tecnológico e nutricional do leitelho, sua inserção no mercado brasileiro ainda é limitada, refletindo a ausência de estratégias consolidadas para seu aproveitamento industrial e também um número reduzido de pesquisas quando comparado a outros países (Camêlo, 2021). Em contrapartida, em outros países, esse produto já apresenta maior escala comercial, sendo amplamente empregado no desenvolvimento de bebidas, derivados lácteos e ingredientes concentrados (Conway, Gauthier e Pouliot, 2014). O avanço das discussões relacionadas à sustentabilidade tem impulsionado o interesse pelo leitelho no cenário brasileiro, favorecendo sua inserção em pesquisas científicas voltadas ao seu reaproveitamento, uma vez que ele apresenta componentes funcionais e potencial de geração de valor econômico ao longo da cadeia produtiva (Ahmad *et al.*, 2019).

Existem certas variações do leitelho quanto ao processamento e à aplicação tecnológica (Pereira, 2022; Guggisberg *et al.*, 2012). O leitelho doce é caracterizado por apresentar pH próximo ao do leite fresco e composição influenciada pela ruptura da membrana do glóbulo de gordura do leite durante a obtenção da manteiga convencional. Já o leitelho fermentado/ácido é obtido a partir da fabricação da manteiga fermentada, na qual o creme é inoculado com culturas lácteas selecionadas, com o objetivo de promover a acidificação controlada, o desenvolvimento de compostos aromáticos e a modificação de suas características físico-químicas (Oliveira, 2021). Atualmente, essa versão ácida é amplamente consumida como bebida láctea ou empregada como ingrediente em produtos fermentados, e tem sido valorizada por seus atributos sensoriais e propriedades tecnológicas (Santos, 2023). Adicionalmente, o leitelho pode ser submetido a processos de concentração e desidratação, originando o leitelho em pó, o qual

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

apresenta elevada estabilidade, facilidade de armazenamento e ampla aplicação como insumo funcional na indústria de alimentos (Machado *et al.*, 2022).

Conforme demonstrado na Tabela 1, a composição centesimal do leitelho apresenta estreita similaridade com a do leite desnatado, diferenciando-se principalmente pelo maior teor de fosfolipídios provenientes da MGGL (Santos, 2023). Esses componentes conferem ao leitelho expressiva capacidade emulsificante, o que viabiliza sua aplicação como ingrediente funcional na indústria alimentícia (Guggisberg *et al.*, 2012). Essa similaridade composicional pode ser explorada de forma estratégica pela indústria de alimentos, uma vez que o leitelho atua como possível substituto em formulações nas quais o leite desnatado é tradicionalmente empregado (Sodini *et al.*, 2006). Considerando que diversos produtos alimentícios utilizam o leite desnatado em sua formulação, o leitelho apresenta elevado potencial de substituição total ou parcial, configurando-se como uma alternativa tecnológica e economicamente viável para a indústria.

Tabela 1. Composição centesimal do leitelho e do leite desnatado

Componentes	Leitelho (%)	Leite desnatado (%)
Água (%, m/m)	91,0	90,9
Extrato seco total (%, m/m)	9,0	9,1
Lactose (%, m/m)	3,9	4,8
Proteína (%, m/m)	3,2	3,4
Gordura (%, m/m)	0,4 – 0,7	<0,5
Sais (%, m/m)	0,9	0,9
Fosfolipídios (%, m/m)	0,14 – 0,18	0,015 – 0,020

Fonte: Santos (2023).

O principal diferencial composicional do leitelho está associado à presença de componentes oriundos da MGGL. Durante a etapa de batimento do creme, a ruptura mecânica dos glóbulos de gordura promove a liberação de fosfolipídios, glicoproteínas e outros lipídios polares para a fase aquosa, elevando a concentração desses compostos no subproduto (Costa, Jiménez-Flores e Gigante, 2009). Sodini *et al.* (2006) relataram que o leitelho apresenta concentração de fosfolipídios aproximadamente quatro vezes superior à observada no leite integral devido à quebra da MGGL, com valores de 0,72 mg/mL no leitelho e de 0,15 mg/mL no leite integral. Essa alta concentração em fosfolipídios confere ao leitelho relevante potencial de aplicação tecnológica, especialmente como ingrediente funcional devido ao fato de os fosfolipídios apresentarem elevada capacidade emulsificante em razão de sua estrutura anfifílica.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

No que se refere à fração proteica, o leitelho é constituído majoritariamente por proteínas do soro e caseínas, as quais atuam na estabilização de sistemas coloidais em virtude de sua natureza anfipática por possuir regiões hidrofóbicas e hidrofílicas (Oliveira e Timm, 2007). Essas proteínas podem atuar sinergicamente com os fosfolipídios, favorecendo a formação e manutenção de emulsões estáveis além de contribuir para a textura e a estrutura de diferentes matrizes alimentares (Phan *et al.*, 2014). Sob o aspecto mineral, destacam-se o cálcio, fósforo e potássio, elementos que participam da estabilidade estrutural das proteínas, influenciam o comportamento térmico do produto e enriquecem ainda mais a composição do leitelho (Walstra *et al.*, 2006).

Com o intuito de potencializar suas propriedades tecnológicas, especialmente relacionadas à fração fosfolipídica, diferentes estratégias físico-químicas têm sido empregadas para concentrar esses compostos no leitelho. Além das técnicas tradicionais de secagem por atomização, novas tecnologias de concentração e processamento do leitelho vêm sendo estudadas com o objetivo de preservar suas propriedades funcionais. Entre elas destacam-se processos de separação por membranas, como microfiltração e ultrafiltração, além da extração com fluido supercrítico (Sodini *et al.*, 2006).

Em um trabalho desenvolvido por Costa (2008), foi avaliada a aplicação da extração com fluido supercrítico e separação por membrana no leitelho e verificou-se que o processo promoveu a remoção de grande parte dos minerais, lactose e dos lipídeos presentes no leitelho. Como resultado, foi obtido um ingrediente lácteo enriquecido em componentes da MGGL, com destaque para os fosfolipídios. Essa concentração de fosfolipídios aumenta o valor agregado do produto, uma vez que esses compostos apresentam propriedades emulsificantes e funcionais de interesse para diversas aplicações na indústria alimentícia. A aplicação dessas tecnologias viabiliza a recuperação de compostos de alto valor agregado. Esse processo não apenas valoriza o subproduto, mas também mitiga o desperdício, alinhando o processamento industrial aos conceitos da economia circular.

Conforme mencionado anteriormente, o leitelho caracteriza-se por apresentar concentração significativa de fosfolipídios, decorrente da liberação de componentes da MGGL. Esses compostos, em virtude de sua estrutura anfifílica, exercem papel fundamental na estabilização de interfaces óleo-água, contribuindo para propriedades emulsificantes relevantes em diferentes sistemas alimentícios (Guggisberg *et al.*, 2012). Os compostos anfifílicos são moléculas que apresentam em sua estrutura duas regiões com afinidades distintas: uma porção hidrofílica, de caráter polar e com afinidade pela fase aquosa, e uma porção hidrofóbica de natureza apolar com afinidade por lipídios (Rotta, 2013).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os fosfolipídios presentes, tais como fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina e esfingomielina, apresentam natureza anfifílica, o que lhes confere elevada capacidade emulsificante (Conway, Gauthier e Pouliot, 2014). Essa característica amplia o potencial de aplicação do leitelho como ingrediente funcional em sistemas alimentícios que demandam estabilidade de emulsões. Paralelamente à relevância tecnológica, os fosfolipídios desempenham papel estrutural fundamental nas membranas celulares, contribuindo para a integridade e funcionalidade das células (Rombaut, Van Camp e Dewettinck, 2005). Além desse papel metabólico, estudos têm demonstrado que os fosfolipídios podem contribuir para a redução dos níveis plasmáticos de colesterol e aprimorar a função cognitiva. Atribui-se também a esses compostos propriedades antioxidantes e bacteriostáticas, o que consolida o potencial funcional dos fosfolipídios sob as perspectivas nutricional e fisiológica (Okagu *et al.*, 2026).

APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DO LEITELHO

O leitelho apresenta ampla versatilidade de aplicação na indústria de alimentos devido à sua composição que integra proteínas, lactose, minerais e moléculas anfifílicas. Sua incorporação em matrizes alimentícias pode contribuir para a melhoria da textura, a estabilidade físico-química e o desempenho tecnológico de diferentes produtos (Machado *et al.*, 2022).

Do ponto de vista processual, o leitelho pode atuar na estabilização de sistemas coloidais, na formação e manutenção de emulsões e na modulação das propriedades reológicas de matrizes alimentares (De Paula *et al.*, 2024). Sua fração proteica contribui para retenção de água e formação de redes estruturais, enquanto os lipídios polares favorecem a redução da tensão interfacial e a estabilidade durante etapas como homogeneização, aquecimento e agitação mecânica (Dewettinck *et al.*, 2008).

Na forma desidratada, o leitelho em pó amplia sua aplicabilidade industrial por viabilizar maior padronização, facilidade de armazenamento e incorporação em misturas secas, tais como sobremesas instantâneas, chocolates, produtos lácteos reconstituídos e formulações infantis (Aragão, 2019). Considerando sua proximidade composicional com o leite desnatado, o leitelho atua como um substituto promissor em formulações que contêm produtos provenientes do leite (De Matos Reis, 2011). A substituição parcial de ingredientes pelo leitelho, conforme apresentado nas investigações seguintes, mitiga o desperdício de matéria-prima sem comprometer os atributos tecnológicos dos alimentos. Adicionalmente, as propriedades funcionais dos fosfolipídios otimizam a eficiência dos processos industriais. Diante desse cenário, o leitelho consolida-se como uma alternativa tecnicamente viável e economicamente vantajosa para o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

setor de laticínios. A Tabela 2 reúne estudos que avaliaram a utilização de leitelho em diferentes formulações alimentícias, destacando os principais benefícios observados pelos autores.

Tabela 2. Estudos que avaliaram o potencial do leitelho na formulação de produtos alimentícios

Produto	Objetivo da Aplicação	Referências
Biscoito sequilho	Substituição parcial de fécula de mandioca doce	Aragão (2019)
Sorvete	Substituição do leite desnatado	Ramos *et al.* (2021)
Bebida láctea probiótica	Substituição parcial e total do soro de leite	Ribeiro (2012)
Bebida fermentada “tipo iogurte grego”	Substituição parcial do leite desnatado	Santos (2023)
Ricota	Substituição do leite desnatado	Assumpção e De Paula (2013)
Pão	Adição de leitelho na formulação	Gonzalez *et al.* (2009)
Queijo cheddar	Adição de leitelho na formulação	Hickey *et al.* (2018)

Segundo Aragão (2019), a substituição parcial da fécula de mandioca doce por leitelho em pó não promoveu alterações significativas nas propriedades físico-químicas do produto final, demonstrando a viabilidade tecnológica da substituição parcial da fécula de mandioca pelo leitelho. Os valores de pH permaneceram próximos à faixa esperada, indicando que a incorporação do leitelho não comprometeu a estabilidade do sistema. Em relação aos parâmetros de cor, observou-se aumento da tonalidade amarelada conforme a elevação da concentração de leitelho na formulação, comportamento atribuído à intensificação da reação de Maillard durante o processamento térmico. Em decorrência das alterações na coloração do produto, observou-se redução na intenção de compra pelos consumidores, com nota média de 5,75. Ainda assim, os resultados indicaram que a substituição da fécula de mandioca pelo leitelho apresentou aceitação moderada, demonstrando potencial de aplicação sem comprometer significativamente a percepção global do produto.

Para a produção de sorvetes, Ramos *et al.* (2021) avaliaram o potencial de substituição do leite desnatado por leitelho em diferentes proporções (0%, 50% e 100%). Na análise sensorial, a formulação contendo 50% de leitelho apresentou elevada similaridade em relação ao sorvete sem adição de leitelho (0%), demonstrando boa aceitação pelos consumidores. Em relação ao atributo sabor, a formulação elaborada com 100% de leitelho obteve o melhor resultado, evidenciando o potencial do ingrediente na melhoria das características sensoriais do produto.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Entretanto, observou-se redução na aceitação do atributo cor, atribuída à tonalidade mais amarelada das amostras contendo maiores concentrações de leitelho, possivelmente em decorrência da sua diferente composição lipídica comparada ao leite desnatado. De maneira geral, o leitelho mostrou-se uma alternativa tecnologicamente viável e economicamente promissora para substituição do leite desnatado em sorvetes, apresentando desempenho satisfatório nas análises físico-químicas e elevada aceitação sensorial quando comparado ao produto convencional.

Segundo Ribeiro (2012), a utilização de leitelho como substituto do soro de leite na produção de bebida láctea fermentada resultou em formulações com maiores teores de proteínas, lipídeos e minerais, apresentando menor teor apenas de carboidratos quando comparadas às amostras elaboradas com soro de leite. Em relação à composição centesimal do produto final, não foram observadas diferenças significativas quanto aos teores de proteínas e lipídeos entre as bebidas avaliadas, apenas na quantidade de minerais com as amostras do leitelho tendo um resultado melhor. No entanto, mesmo com a substituição do soro de leite pelo leitelho, os valores de pH permaneceram semelhantes entre as formulações, indicando que a substituição do soro de leite pelo leitelho não promoveu alterações significativas nas características do produto final nem comprometeu o processo fermentativo.

Durante a produção de bebida láctea fermentada “tipo iogurte grego”, Santos (2023) avaliou a substituição parcial do leite desnatado por leitelho investigando os efeitos dessa substituição tanto na aceitação sensorial quanto nas características tecnológicas do produto. Os resultados demonstraram que todas as formulações apresentaram valores de pH e estabilidade semelhantes, indicando que a utilização do leitelho não comprometeu o desenvolvimento do produto final. Outro aspecto relevante é que as amostras contendo leitelho apresentaram maior capacidade de retenção de água e redução da sinérese, evidenciando melhora nas propriedades estruturais do sistema. Em relação à análise sensorial, observou-se boa aceitação pelos consumidores, embora tenham sido identificadas diferenças perceptíveis na coloração e aumento da viscosidade nas formulações contendo maiores concentrações de leitelho.

Segundo as autoras Assumpção e De Paula (2013), foi realizado um estudo com o objetivo de avaliar a substituição parcial do leite desnatado por leitelho na formulação de ricota. Os resultados demonstraram diferença no rendimento do produto final quando comparado à ricota elaborada exclusivamente com o leite desnatado, comportamento possivelmente associado ao menor teor de sólidos presentes no leitelho. Apesar dessa variação na quantidade de sólidos no produto final, não foram observadas alterações significativas durante a análise sensorial com os consumidores, indicando boa aceitabilidade do produto. Portanto, o estudo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

demonstrou que a substituição do leite por leitelho apresenta vantagens tecnológicas e econômicas para a indústria, promovendo o aproveitamento de um subproduto lácteo e contribuindo para a redução de custos relacionados à formulação e ao gerenciamento de resíduos.

Os autores Gonzalez *et al.* (2009) avaliaram a aplicação de leitelho na formulação de pães, sendo sua incorporação realizada durante as etapas de mistura e amassamento da massa juntamente com os demais ingredientes da formulação. Os resultados demonstraram que os pães elaborados com leitelho apresentaram textura macia, alvéolos pequenos e miolo com coloração levemente amarelada, demonstrando que não houve interferência durante a formação do produto final utilizando leitelho na formulação. Na análise sensorial, o pão com leitelho na formulação apresentou ótima aceitação. Dessa forma, o leitelho demonstrou potencial como ingrediente tecnológico na panificação, contribuindo para melhorias nas características estruturais e sensoriais do pão, além de representar uma alternativa sustentável para o aproveitamento de um subproduto da indústria de laticínios.

Hickey *et al.* (2018) avaliaram diferentes formulações de queijo cheddar contendo adição de leitelho, investigando seus efeitos nas características tecnológicas e sensoriais do produto. Os resultados demonstraram que a incorporação do leitelho não promoveu alterações significativas durante o processamento do queijo, evidenciando a viabilidade tecnológica de sua aplicação. No produto final, observou-se formação de uma matriz mais macia quando comparada à amostra controle. Durante a análise sensorial, os queijos elaborados com leitelho apresentaram percepção ligeiramente mais ácida e alterações no perfil de sabor. No entanto, quando o leitelho foi previamente desidratado e incorporado em pó durante a etapa de formação da coalhada, as amostras apresentaram maior aceitação sensorial e características mais semelhantes ao produto controle, além de maior concentração de fosfolipídios. Dessa forma, o estudo demonstrou o potencial de utilização do leitelho na produção de queijo cheddar, contribuindo para o aproveitamento de subprodutos lácteos e redução de desperdícios por parte da indústria.

IMPACTOS AMBIENTAIS NO DESCARTE DE LEITELHO

O setor de laticínios destaca-se pela alta produtividade e variedade no mercado de alimentos, processando uma matriz diversificada de produtos. Contudo, o processamento desses produtos gera quantidades expressivas de subprodutos e resíduos que quando não manejados adequadamente podem causar impactos negativos ao meio ambiente. Entre os subprodutos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

gerados pela indústria de laticínios, o leitelho assume relevância estratégica em decorrência do expressivo volume de produção e consumo de manteiga em âmbito nacional e global.

Conforme já mencionado, o leitelho destaca-se como um subproduto rico em fosfolipídios e compostos bioativos de elevado interesse nutricional e tecnológico. Dessa forma, seu descarte inadequado não apenas representa a perda de componentes com potencial valor agregado, mas também pode ocasionar impactos ambientais significativos. Em razão da elevada carga orgânica presente em sua composição, o leitelho apresenta valores expressivos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), indicador que mensura o oxigênio necessário para a estabilização microbiológica da matéria orgânica (Assumpção e De Paula, 2013). Segundo Ramos *et al.* (2021), o leitelho apresenta uma DBO aproximadamente duas vezes superior à do soro de leite, o que evidencia seu alto potencial poluidor. Consequentemente, a destinação desse subproduto sem o tratamento prévio reduz a concentração de oxigênio dissolvido em corpos hídricos, comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e intensificando os impactos ambientais associados à atividade industrial.

Em estudo realizado por Kirdar e Genç (2020), foram analisadas quatro amostras de leitelho com o objetivo de avaliar seu potencial impacto ambiental. Os autores observaram uma Demanda Química de Oxigênio (DQO) média de 94.867 mg/L entre as amostras, evidenciando a elevada carga orgânica presente nesse subproduto. A DQO corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica e parte da matéria inorgânica presente em uma amostra, parâmetro muito utilizado para estimar o potencial poluidor de efluentes (Lima, 2025). Portanto, o elevado valor de DQO evidenciado na literatura comprova a alta concentração de compostos orgânicos no leitelho, cuja degradação biológica demanda grande quantidade de oxigênio. Quando descartado sem tratamento prévio, esse subproduto eleva significativamente a carga orgânica dos efluentes, comprometendo a eficiência dos sistemas de tratamento.

Dentro da indústria de laticínios, a economia circular assume papel fundamental devido à elevada carga orgânica presente nos subprodutos gerados durante o processamento de produtos derivados do leite (Luzini *et al.*, 2024). Nesse contexto, têm sido desenvolvidas estratégias para promover o aproveitamento desses materiais, reduzindo desperdícios e agregando valor à cadeia produtiva. No caso do leitelho, em vez de sua destinação direta ao descarte, foram evidenciadas alternativas para estender sua estabilidade e diversificar suas aplicações conforme demonstrado ao longo do texto. Desse modo, além de mitigar impactos ambientais, o aproveitamento do leitelho viabiliza a obtenção de produtos com maior valor agregado e promove a sustentabilidade no setor.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O leitelho é um subproduto de elevado valor nutricional e tecnológico, cujo aproveitamento pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de produtos alimentícios mais sustentáveis. Sua composição, caracterizada pela presença de proteínas de alto valor biológico, fosfolipídios, lactose, vitaminas e minerais, confere propriedades funcionais que ampliam seu potencial de aplicação em diferentes segmentos da indústria de alimentos. A literatura demonstra que a incorporação do leitelho em formulações alimentícias pode promover melhorias nas propriedades tecnológicas, como estabilidade de emulsões, textura e retenção de água, além de representar uma alternativa para a substituição parcial de ingredientes convencionais de maior custo. Paralelamente, sua valorização reduz o descarte de resíduos com elevada carga orgânica, favorecendo a mitigação dos impactos ambientais associados à indústria de laticínios e contribuindo para a implementação dos princípios da economia circular. Apesar dos avanços observados em estudos internacionais, a utilização do leitelho ainda permanece limitada no Brasil, evidenciando a necessidade de ampliar as pesquisas relacionadas aos efeitos dos processos industriais sobre seus componentes bioativos e ao desenvolvimento de novas aplicações tecnológicas.

REFERÊNCIAS

AHMAD, Talha; AADIL, Rana Muhammad; AHMED, Haassan; RAHMAN, Ubaid ur; SOARES, Bruna C. V.; SOUZA, Simone L. Q.; PIMENTEL, Tatiana C.; SCUDINO, Hugo; GUIMARÃES, Jonas T.; ESMERINO, Erick A.; FREITAS, Mônica Q.; ALMADA, Rafael B.; VENDRAMEL, Simone M. R.; SILVA, Marcia C.; CRUZ, Adriano G. Treatment and utilization of dairy industrial waste: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 88, p. 361-372, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003.

ARAGÃO, Graciele de Souza. **Desidratação de leitelho em leito de espuma e elaboração de biscoito sequilho**. 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroindústria) – Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE, 2019. Disponível em: https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/15628. Acesso em: 19 maio 2026.

ASSUMPÇÃO, Giovana Maria Pereira; DE PAULA, Alcimara Auxiliadora Andrade. Utilização do leitelho na fabricação da ricota em substituição ao leite desnatado. **RETEC – Revista de Tecnologias**, v. 6, n. 2, p. 17-30, 2013. Disponível em: https://retec.fatecourinhos.edu.br/index.php/retec/article/view/38. Acesso em: 14 maio 2026.

CAMÊLO, Yorran Araújo. **Aplicação dos subprodutos da indústria de produtos lácteos e suas tendências**: uma revisão. 2021. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tecnologia em Alimentos) – Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, GO, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2201. Acesso em: 11 nov. 2025.

CAROLINA, Cassia. Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite. **Canal do Criador**, 30 jul. 2025. Disponível em: https://canaldocriador.com.br/leite/brasil-terceiro-maior-produtor-mundial-leite/. Acesso em: 17 mar. 2026.

CONTARINI, Giovanna; POVOLO, Milena. Phospholipids in milk fat: composition, biological and technological significance, and analytical strategies. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 2, p. 2808-2831, 2013. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms14022808.

CONWAY, Valérie; GAUTHIER, Sylvie; POULIOT, Yves. Buttermilk: much more than a source of milk phospholipids. **Animal Frontiers**, v. 4, n. 2, p. 44-51, 2014. DOI: https://doi.org/10.2527/af.2014-0014.

COSTA, Marcela de Rezende. **Obtenção de ingrediente lácteo enriquecido em lipídeos polares a partir de leitelho de soro**. 2008. 92 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008. Disponível em: https://hdl.handle.net/20.500.12733/1608391. Acesso em: 12 maio 2026.

COSTA, Marcela de Rezende; JIMÉNEZ-FLORES, Rafael; GIGANTE, Mirna Lúcia. Propriedades da membrana do glóbulo de gordura do leite. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 507-514, 2009.

DE MATOS REIS, Sislene. **Desenvolvimento de bebida láctea fermentada adicionada de polpa de mangaba e suplementada com ferro**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/items/f996bb0c-5c30-498d-9502-a69d8517c849. Acesso em: 23 maio 2026.

DE PAULA, Ramon Ramos; ZÜGE, Luana Carolina Bosmuler; SCHEER, Agnes de Paula. A utilização do leitelho como agente estabilizante de emulsões do tipo óleo-em-água: uma perspectiva sobre a valorização do produto. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 42, n. 1, 2024. DOI: https://doi.org/10.5380/cep.v42i1.94577.

DEWETTINCK, Koen; ROMBAUT, Roeland; THIENPONT, Natacha; LE, Trung Thien; MESSENS, Kathy; VAN CAMP, John. Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 5, p. 436-457, 2008. DOI: https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.10.014.

DIAS, Renata; SILVA, Marcia; RAICES, Renata; CRUZ, Adriano. Manteiga: benefícios à saúde e inovações tecnológicas. **MilkPoint**, 16 jan. 2020. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/colunas/adriano-gomes-da-cruz/manteiga-beneficios-a-saude-e-inovacoes-tecnologicas-217647/. Acesso em: 4 fev. 2026.

DUNFORD, Nurhan Turgut. **Butter**: chemical and physical properties and health effects. Oklahoma: Oklahoma State University, 2024. Disponível em: https://extension.okstate.edu/fact-sheets/butter-chemical-and-physical-properties-and-health-effects-fapc-253.html. Acesso em: 10 jan. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

GEBRESELASSIE, Negussie; ABRAHAMSEN, Roger K.; BEYENE, Fekadu; ABAY, Fetien; NARVHUS, Judith A. Chemical composition of naturally fermented buttermilk. **International Journal of Dairy Technology**, v. 69, n. 2, p. 200-208, 2016. DOI: https://doi.org/10.1111/1471-0307.12236.

GONZALEZ, Samantha Lemke; BEZERRA, José Raniere Mazile Vidal; RIGO, Maurício; RAYMUNDO, Melissa dos Santos. Elaboração de pães com adição de soro de manteiga. **Ambiência**, v. 5, n. 3, p. 391-399, 2009.

GUGGISBERG, Dominik; CHOLLET, Magali; SCHREIER, Katrin; PORTMANN, Reto; EGGER, Loti. Effects of heat treatment of cream on the physical-chemical properties of model oil-in-buttermilk emulsions. **International Dairy Journal**, v. 26, n. 1, p. 88-93, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.01.008.

GUIMARÃES, Rita de Cássia Avellaneda; DONADON, Juliana Rodrigues; BOGO, Danielle; HIANE, Priscila Aiko. Manteiga e margarina: uma revisão com o olhar na saúde. **Multitemas**, Campo Grande, MS, v. 30, n. 75, p. 127-152, maio/ago. 2025. DOI: https://doi.org/10.20435/multi.v30i75.4814.

HICKEY, Cian; O'SULLIVAN, Maurice; DAVIS, Jessica; SCHOLZ, Dimitri; KILCAWLEY, Kieran; WILKINSON, Martin; SHEEHAN, John. The effect of buttermilk or buttermilk powder addition on functionality, textural, sensory and volatile characteristics of Cheddar-style cheese. **Food Research International**, v. 103, p. 468-477, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.081.

KIRDAR, Seval Sevgi; GENÇ, Didem Gamze. A research on the pollution parameters of buttermilk. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 2, p. 175-176, 2020. DOI: https://doi.org/10.33785/IJDS.2020.v73i02.013.

LEI, Yunjie; GUO, Xinyu; WU, Zongyuan; FENG, Jiangtao; YANG, Tao; ZHANG, Weinong; CONG, Yanxia. Evaluation of flavor quality of commercial butter: a systematic comparison of sweet cream and cultured butter. **Food Chemistry: X**, v. 32, p. 103334, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103334.

LIMA, Helias Bruno da Silva. **Estudo e elaboração de carta controle e incerteza de medição para análise de Demanda Química de Oxigênio (DQO)**. 2025. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

LUNG, Jean; DOYEN, Alain; REMONDETTO, Gabriel; POULIOT, Yves; BRISSON, Guillaume. The affinity of milk fat globule membrane fragments and buttermilk proteins to hydroxyapatite. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 7, p. 4235-4247, 2024. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-24353.

LUZINI, Willian Carlos Barreto; ALVES, Guilherme Prado; PAES-DE-SOUZA, Mariluce. Práticas de economia circular na cadeia produtiva do agronegócio do leite: revisão integrativa da literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO, NEGÓCIOS E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (CONBRAGTI), 2024. **Anais**[...]. [S. l.: s. n.], 2024. ISBN 978-65-5465-127-1. Disponível em: https://cdn.congresse.me/uge2kxikaagy9eisbf0j2ybi0xfg. Acesso em: 22 maio 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

MACHADO, Ezequiel Luiz; RAMOS, Gaspar Dias Monteiro; ANTUNES, Veridiana de Carvalho. O leitelho e sua utilização pela indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 77, n. 1, p. 43-54, 2022. DOI: https://doi.org/10.14295/2238-6416.v77i1.873.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil projeções do agronegócio 2021/2022 a 2031/2032**. Brasília, DF: MAPA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/2022/producao-de-graos-deve-crescer-36-8-nos-proximos-dez-anos/PROJEESDOAGRONEGCIO20212022a203132.pdf.

MARTINS, Lorrayne Souza Araújo *et al*. Elaboração e avaliação físico-química e sensorial da manteiga de leite e manteiga clarificada a partir do leite de vacas girolando. **Revista Principia**, n. 48, p. 62-69, 2020.

MIRANDA, Caio Nascimento Granja; TABATA, Maria Eduarda Aguiar. **Manteiga e margarina**: uma revisão com o olhar na saúde. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/10464. Acesso em: 20 nov. 2025.

MORDOR INTELLIGENCE. **Tamanho do mercado de manteiga, tendências, análise da indústria global (2025-2030)**. [S. l.], 2025. Disponível em: https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/butter-market. Acesso em: 27 maio 2026.

OKAGU, Innocent Uzochukwu; AGUCHEM, Rita Ngozi; OGBU, Chidera Peace; OMEJE, Andy Ugunna. Therapeutic potentials of dietary phospholipids against neurological and metabolic disorders: a review. **Pharmacological Research - Natural Products**, v. 10, p. 100510, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.prenap.2026.100510.

OLIVEIRA, Daniela dos Santos; TIMM, Cláudio Dias. Instabilidade da caseína em leite sem acidez adquirida. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 102, n. 561-562, p. 12-2, 2007.

OLIVEIRA, Francisco Brisolla de. **Desenvolvimento do leitelho fermentado adicionado de polpa de pitaya**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27681. Acesso em: 9 fev. 2026.

PEREIRA, Alessandro Campos. Tipos de leitelho gerado pelas indústrias de laticínios fiscalizadas pelo serviço de inspeção federal e sua destinação. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 77, n. 2, p. 103-110, 2022. DOI: https://doi.org/10.14295/2238-6416.v77i2.893.

PERRONI, Cristiane. Confira quais são as diferenças entre margarina, manteiga e creme vegetal. **Eu Atleta**, 2014. Disponível em: https://ge.globo.com/eu-atleta/nutricao/noticia/2014/12/confira-quais-sao-diferencas-entre-margarina-manteiga-e-creme-vegetal.html. Acesso em: 29 out. 2025.

PHAN, Thi Thanh Quyen; LE, Thanh Trung; VAN DER MEEREN, Pascal; DEWETTINCK, Koen. Comparison of emulsifying properties of milk fat globule membrane materials isolated from different dairy by-products. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 8, p. 4799-4810, 2014. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2014-8030.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

PORTINARI, Marina Resende Pimenta. **Avaliação do processo de maturação do creme de leite sobre o rendimento e a qualidade final da manteiga**. 2024. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2024. DOI: https://doi.org/10.11606/T.74.2024.tde-31072024-154548.

RAMOS, Isabella; SILVA, Mariah; ANTUNES, Veridiana de Carvalho; PRAXEDES, Carla; OLIVEIRA, Miguel. Desenvolvimento de sorvete com adição de leitelho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, e2020237, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1981-6723.23720.

RIBEIRO, Priscila Costa. **Utilização do leitelho para produção de bebida láctea probiótica**. 2012. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2012.

ROMBAUT, Roeland; VAN CAMP, John; DEWETTINCK, Koen. Analysis of phospho- and sphingolipids in dairy products by a new HPLC method. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 2, p. 482-488, 2005. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72710-7.

ROTTA, Jefferson. **Síntese e caracterização físico-química de novas moléculas anfifílicas formadas por ácidos graxos e um monômero derivado do glicerol**. 2013. Tese (Doutorado em Química) – Université Montpellier II, Montpellier, 2013.

SANTOS, Herlândia Cotrim. **Bebida fermentada sustentável "tipo iogurte grego" à base de leitelho**. 2023. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023. DOI: https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.256.

SILVA, Fernando Teixeira. **Manual de produção de manteiga**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1996. 16 p. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/410326. Acesso em: 10 out. 2025.

SILVA, Fernando Teixeira. **Manteiga**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/grupos-de-alimentos/lacteos/manteiga. Acesso em: 19 out. 2025.

SILVA, Matheus Bezerra. **Caracterização da produção de leite no assentamento Estrela da Ilha**: instalações e bem-estar animal. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2026. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/6bd0d70e-6393-49ff-bea2-ee67a2352b5f. Acesso em: 3 jun. 2026.

SILVA, Stéfany Ramos. **Perfil de ácidos graxos saturados na composição da manteiga de leite obtida de diferentes espécies de ruminantes**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Posse, Posse, GO, 2025. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/5718. Acesso em: 11 fev. 2026.

SLYKERMAN, Rebecca; DAVIES, Naomi; FUAD, Maher; DEKKER, James. Milk fat globule membranes for mental health across the human lifespan. **Foods**, v. 13, n. 11, p. 1631, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/foods13111631.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

SODINI, Isabelle; MORIN, Pierre; OLABI, Abdel; JIMÉNEZ-FLORES, Rafael. Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 2, p. 525-536, 2006. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72115-4.

TALMA, Simone Vilela; SOUZA, Matheus Vinícius Alencar; SILVA, Ângela Melo; BALIEIRO, Acenini Lima; BARBOSA, João Batista. Perfil dos consumidores de manteiga, manteiga de garrafa e condimentos. **Revista Expressão Científica (REC)**, v. 5, n. 2, p. 67-74, 2020. Disponível em: https://periodicos.ifs.edu.br/index.php/REC/article/view/588. Acesso em: 10 fev. 2026.

WALSTRA, Pieter; WOUTERS, Jan T. M.; GEURTS, Tom J. **Dairy science and technology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 467-495.

YAO, Dan; RANADHEERA, Chaminda Senaka; SHEN, Cai; WEI, Wei; CHEONG, Ling-Zhi. Milk fat globule membrane: composition, production and its potential as encapsulant for bioactives and probiotics. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, n. 33, p. 12336-12351, 2024. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2249992.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.