

APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS E ALIMENTÍCIAS DO SORO DE LEITE

BIOTECHNOLOGICAL AND FOOD APPLICATIONS OF WHEY

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.030-005>**Lucas Eterno Francisco de Oliveira**

Médico Veterinário e Gestor de Qualidade do Laticínio Lacnutri Ltda

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5960-9677>**Karyne Oliveira Coelho**Professora Dra. da Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste- Sede São Luís de Montes Belos,
GoiásORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0844-1324>;**Lana Rouse Meneses Belizário**Mestranda em Produção Animal e Forragicultura da Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste-
Sede São Luís de Montes Belos, GoiásORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3272-5353>**Vitória Menezes Oliveira**Graduanda em Medicina Veterinária da Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste - Sede São Luís
de Montes BelosORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7075-8592>**RESUMO**

O soro de leite é um subproduto da indústria láctea que representa 85-90% do volume de leite processado, com produção global superior a 180 milhões de toneladas anuais. Devido à sua composição rica em lactose (4,5-5%), proteínas de alto valor biológico, β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, e compostos bioativos, apresenta elevado potencial de valorização. Esta revisão narrativa analisou artigos científicos e livros publicados entre 2015 e 2025 sobre a composição, propriedades funcionais e aplicações do soro de leite. As aplicações biotecnológicas incluem a produção de bioetanol, ácido lático, ácido lactobiónico, 2-feniletanol, polihidroxialcanoatos e proteína de célula única. As aplicações alimentícias abrangem o desenvolvimento de bebidas probióticas, peptídeos bioativos com atividades antihipertensiva e antioxidante, galacto-oligossacarídeos prebióticos e filmes comestíveis. Tecnologias como separação por membranas, hidrólise enzimática e fermentação têm sido exploradas para conversão do soro em produtos de maior valor agregado. Conclui-se que a adoção de estratégias integradas de aproveitamento do soro contribui para a redução de impactos ambientais e representa uma alternativa sustentável e economicamente promissora para a indústria láctea, alinhada aos princípios da economia circular.

Palavras-chave: Soroalbumina; Sustentabilidade; Tecnologia; Valor Agregado.**ABSTRACT**

Whey is a by-product of the dairy industry that accounts for approximately 85–90% of the volume of processed milk, with global production exceeding 180 million tons per year. Owing to its composition, which is rich in lactose (4.5–5%), high-biological-value proteins such as β -lactoglobulin and α -lactalbumin, and bioactive compounds, whey presents significant potential for valorization. This narrative review analyzed scientific articles and books published between 2015 and 2025 addressing the composition,



functional properties, and applications of whey. Biotechnological applications include the production of bioethanol, lactic acid, lactobionic acid, 2-phenylethanol, polyhydroxyalkanoates, and single-cell protein. In the food sector, whey has been explored in the development of probiotic beverages, bioactive peptides with antihypertensive and antioxidant activities, prebiotic galacto-oligosaccharides, and edible films. Technologies such as membrane separation, enzymatic hydrolysis, and fermentation have been widely investigated to convert whey into higher value-added products. Overall, the adoption of integrated whey valorization strategies contributes to reducing environmental impacts and represents a sustainable and economically promising alternative for the dairy industry, in accordance with circular economy principles.

Keywords: Sustainability; Technology; Value Addition; Whey Albumin.



1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento do soro de leite constitui simultaneamente um desafio ambiental e uma oportunidade econômica, devido aos elevados volumes gerados pela indústria de laticínios e à sua alta carga orgânica, que impõe restrições ao descarte ambiental (Saraiva; Pinto, 2024). Estratégias de valorização têm sido estimuladas, alinhando-se aos princípios da economia circular e à mitigação de impactos ambientais (Salvado; Leitão; Fonseca, 2021; Kumar et al., 2023; Chopada et al., 2022; Saubenova et al., 2024; Deshmukh et al., 2024; Irazoqui et al., 2024).

O soro de leite corresponde a aproximadamente 85–90% do volume do leite empregado na fabricação de queijos, retendo cerca de 55% de seus nutrientes originais (Kumar et al., 2023). A produção global desse subproduto ultrapassa 180 milhões de toneladas anuais, e seu descarte inadequado pode causar impactos ambientais significativos em função da elevada demanda química de oxigênio (DQO), variando entre 50.000 e 80.000 mg/L (Kumar et al., 2023; Saubenova et al., 2024; Deshmukh et al., 2024).

A literatura descreve o soro de leite como um fluxo passível de conversão em ingredientes alimentares, bioenergéticos e intermediários químicos por meio de processos físicos, enzimáticos e microbiológicos, com destaque para a integração de processos em biorrefinarias visando à maximização da recuperação de proteínas, lactose e compostos bioativos (Kumar et al., 2023; Íñiguez-Moreno; Poonia, 2023; Deshmukh et al., 2024; Saubenova et al., 2024).

A adoção de tecnologias sustentáveis e modelos de negócios circulares é considerada fundamental para a viabilidade econômica do fechamento do ciclo produtivo no setor lácteo (Salvado; Leitão; Fonseca, 2021; Kumar et al., 2023; Saubenova et al., 2024; Deshmukh et al., 2024; Irazoqui et al., 2024).

Diante disso, esta revisão narrativa foi proposta com o objetivo de analisar a literatura recente sobre a composição do soro de leite, suas aplicações biotecnológicas e alimentícias, bem como exemplos experimentais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COMPOSIÇÃO DO SORO DE LEITE

O soro de leite representa a maior fração do volume de leite processado e retém quantidades relevantes de sólidos lácteos, com predominância de lactose (4,5–5,0% p/v) e proteínas de elevado valor funcional e nutricional (Dopazo et al., 2023). Em relação a composição físico-química, observa-se 93–94% de água, 4,5–5% de lactose, 0,6–0,8% de proteínas, 0,4–0,5% de minerais e traços de gordura (El-Aidie; Khalifa, 2024).

Revisões e relatórios técnicos indicam que o soro contém lactose, proteínas solúveis, como β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, imunoglobulinas e lactoferrina, além de lipídios residuais e sais minerais, sendo sua composição influenciada pelo tipo de soro e pelo processo produtivo (Santos; Silva; Rocha, 2022;



Kumar et al., 2023). O soro, oriundo da coagulação enzimática, apresenta pH entre 5,9 e 6,6, enquanto o soro ácido, proveniente da coagulação ácida, possui pH entre 4,3 e 4,6 (Santos; Silva; Rocha, 2022; Kumar et al., 2023; El-Aidie; Khalifa, 2024).

Entre as proteínas do soro, destacam-se a β -lactoglobulina ($\approx 50\%$) e a α -lactoalbumina ($\approx 20\%$), amplamente investigadas por serem precursoras de peptídeos bioativos após hidrólise, além de imunoglobulinas, albumina sérica bovina, lactoferrina e lactoperoxidase (Valdez Castillo et al., 2023; Saubenova et al., 2024; El-Aidie; Khalifa, 2024). Técnicas como ultrafiltração e cromatografia são empregadas para o isolamento e fracionamento dessas frações proteicas visando à obtenção de ingredientes e hidrolisados (El-Aidie; Khalifa, 2024).

Processos de concentração por membranas permitem recuperar proteínas com qualidade para aplicações alimentares e farmacêuticas, podendo elevar seu teor de 0,6–0,8% para 35–80%, resultando em concentrados ou isolados proteicos com pureza superior a 90%, a depender das condições operacionais (Kaur et al., 2020; El-Aidie; Khalifa, 2024).

Peptídeos gerados por hidrólise enzimática ou fermentação apresentam atividades antihipertensiva, antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e imunomoduladora (Chopada et al., 2022; Saubenova et al., 2024), com valores de Concentração Inibitória (IC)₅₀ para inibição da enzima conversora de angiotensina variando entre 0,05 e 2,5 mg/mL conforme o hidrolisado (Chopada et al., 2022).

Destaca-se que o perfil peptídico depende da proteína de origem, da enzima ou microrganismo empregado e das condições de hidrólise, sendo as bactérias ácido-láticas uma alternativa para gerar maior diversidade de peptídeos bioativos (Estévez Telle, 2015; Chopada et al., 2022; Irazoqui et al., 2024).

2.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO SORO DE LEITE

Frações proteicas do soro apresentam alta funcionalidade tecnológica, sendo empregadas como agentes formadores de gel, estabilizantes e para melhoria de textura em alimentos processados conforme revisões e estudos sobre géis induzidos por calor e hidrolisados (El-Aidie; Khalifa, 2024). As proteínas do soro são altamente solúveis em ampla faixa de pH e apresentam excelentes propriedades de formação de espuma e capacidade emulsificante (El-Aidie; Khalifa, 2024).

A hidrólise parcial altera solubilidade e capacidade emulsificante; concentração por membranas preserva propriedades funcionais úteis em formulações alimentares (Kaur et al., 2020; El-Aidie; Khalifa, 2024). O tratamento térmico pode induzir desnaturação e agregação proteica, modificando as propriedades gelificantes e de retenção de água, características importantes para aplicações em produtos cárneos, panificação e laticínios (Mutaliyeva et al., 2025).



A escolha entre desproteínização seguida de utilização do permeado para fermentação ou recuperação de proteínas por ultrafiltração ou nanofiltração depende do objetivo final (ingrediente funcional vs plataforma de bioconversão) (Kaur et al., 2020; Dopazo et al., 2023; El-Aidie; Khalifa, 2024).

Composições reportadas em diferentes estudos destacam variações regionais e de processo que influenciam rendimento e estratégia de aproveitamento (Estévez Telle, 2015; Santos; Silva; Rocha, 2022). Fatores como raça do gado, alimentação, estação do ano e práticas de processamento podem afetar significativamente a composição do soro e, consequentemente, as estratégias de valorização mais adequadas.

2.3 APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS E ALIMENTÍCIAS

2.3.1 Aplicações Biotecnológicas

Trabalhos conduzidos em escala laboratorial e piloto utilizando *Kluyveromyces marxianus* demonstram que a produção de bioetanol a partir do soro de leite apresenta elevada variabilidade em função das condições operacionais e do desenho do processo fermentativo. Estudos recentes indicam que, sob condições otimizadas, podem ser alcançadas elevadas concentrações de etanol, com rendimentos próximos ao teórico, evidenciando o potencial biotecnológico do microrganismo para essa aplicação (Drężek et al., 2023; Kumar et al., 2023). Revisões críticas também ressaltam que parâmetros como concentração de lactose, temperatura e pH exercem influência direta sobre o desempenho fermentativo, resultando em ampla faixa de produtividades e rendimentos reportados na literatura (Smithers, 2018).

Além da produção de etanol, abordagens baseadas em fermentações sequenciais têm sido investigadas como estratégia para a valorização do permeado de soro de leite. Nesse contexto, Maestre et al. (2021) demonstraram a conversão do substrato em diferentes metabólitos de interesse, com destaque para a formação de ácidos orgânicos e biomassa microbiana, reforçando o potencial de integração de processos para o aproveitamento do soro.

A levedura *K. marxianus* destaca-se como microrganismo promissor para aplicações biotecnológicas envolvendo o soro de leite, devido à sua capacidade de metabolizar lactose diretamente, tolerar temperaturas relativamente elevadas (até aproximadamente 45 °C) e crescer em meios com altas concentrações de substrato, características que favorecem sua aplicação em processos industriais integrados (Drężek et al., 2023; Kumar et al., 2023). Esses estudos têm sido conduzidos principalmente com o objetivo de otimizar parâmetros fermentativos, desenvolver linhagens com melhor desempenho metabólico e integrar etapas de processo, visando aumentar os rendimentos e a viabilidade econômica da produção de bioetanol a partir do soro.

Processos fermentativos aplicados ao soro de leite também têm sido explorados para a produção de ácido láctico, utilizando diferentes microrganismos e estratégias metabólicas, ampliando o espectro de



produtos obtidos a partir desse subproduto agroindustrial (Kourmentza et al., 2022). O ácido láctico produzido pode ser empregado como conservante e acidulante alimentar, além de constituir matéria-prima para a produção de ácido polilático (PLA), um biopolímero biodegradável de crescente interesse industrial (Deshmukh et al., 2024).

A produção de ácido lactobiônico a partir de soro de ricota representa outra rota de valorização de alto valor agregado. Estudos demonstraram que processos biotecnológicos utilizando *Pseudomonas taetrolens* podem alcançar rendimentos expressivos, tanto em sistemas descontínuos quanto em *fed-batch*, com elevadas taxas de conversão do substrato, evidenciando a viabilidade técnica do processo (De Giorgi, 2017, Sarenkova et al., 2022). O ácido lactobiônico apresenta ampla aplicação nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia, devido às suas propriedades antioxidantes, quelantes e umectantes.

Co-fermentações envolvendo resíduos agroindustriais, incluindo o soro de leite, têm sido avaliadas para a produção de compostos aromáticos de alto valor agregado. Nesse sentido, Valdez Castillo et al. (2023) demonstraram que o uso de co-culturas de leveduras permite a obtenção de 2-feniletanol, concomitantemente à redução da carga orgânica dos efluentes, contribuindo para estratégias integradas de tratamento e valorização de resíduos.

A conversão de soro ovino em polihidroxialcanoatos (PHAs) também tem sido reportada como uma alternativa promissora, sendo o controle do pH um fator determinante para os rendimentos e a composição do polímero produzido. Os PHAs são biopolímeros biodegradáveis sintetizados por diversos microrganismos como reserva de carbono e energia, apresentando propriedades físico-químicas semelhantes às de plásticos petroquímicos convencionais (Kourmentza et al., 2022).

Por fim, o cultivo de *K. marxianus* em soro desproteínizado tem possibilitado a obtenção de biomassa rica em proteína de célula única, a qual pode ser empregada no desenvolvimento de filmes comestíveis. Estudos recentes demonstraram que materiais obtidos a partir dessa biomassa apresentam propriedades mecânicas e de barreira adequadas para aplicações em embalagens alimentares, ampliando as possibilidades de aproveitamento do soro de queijo em produtos inovadores e sustentáveis (Koukoumaki et al., 2024).

Concentrados e isolados proteicos de soro também são amplamente utilizados como emulsificantes, estabilizantes e agentes de textura em diferentes matrizes alimentares.

2.3.2 Aplicações Alimentícias e Funcionais

No âmbito alimentício, o soro de leite apresenta aplicações já consolidadas, como seu uso como ingrediente funcional, fonte proteica e substrato para fermentações lácticas, bem como aplicações emergentes, que incluem o desenvolvimento de alimentos e bebidas funcionais, a obtenção de peptídeos bioativos com potenciais efeitos benéficos à saúde, a produção de ingredientes prebióticos e a elaboração



de materiais comestíveis para aplicações em embalagens. Esses avanços evidenciam tanto a maturidade tecnológica de usos tradicionais quanto o potencial inovador das novas abordagens baseadas nas diferentes frações do soro.

Fermentações lácticas do soro de leite, incluindo o soro ácido (*acid whey*), têm sido amplamente exploradas para o desenvolvimento de bebidas probióticas e matrizes ricas em compostos bioativos. Revisões recentes destacam o uso do soro como meio de cultura de baixo custo para microrganismos probióticos, bem como a aplicação de estratégias tecnológicas, como a microencapsulação, para a manutenção da viabilidade celular em produtos à base de soro (Rosolen, 2020; Mutaliyeva et al., 2025). Em particular, Mutaliyeva et al. (2025) apontam a existência de múltiplas abordagens inovadoras para a valorização do soro ácido por meio do desenvolvimento de alimentos probióticos e funcionais.

Hidrolisados de proteínas do soro obtidos por hidrólise enzimática têm sido investigados quanto às suas propriedades funcionais e bioatividades, incluindo potencial antioxidante e efeitos fisiológicos benéficos. Estudos envolvendo bioprocessos sequenciais e estratégias de purificação demonstram a viabilidade da obtenção de peptídeos bioativos a partir do soro, com potencial aplicação em alimentos funcionais e nutracêuticos (Dręzek et al., 2023). Revisões recentes reforçam o papel de peptídeos derivados do soro de leite em aplicações voltadas à saúde e ao desenvolvimento de bebidas funcionais, destacando seus benefícios nutricionais e tecnológicos (Mutaliyeva et al., 2025; Saubenova et al., 2024).

A conversão da lactose em galacto-oligossacarídeos (GOS) por reações de transgalactosilação enzimática representa uma rota de alto valor agregado, permitindo a transformação da lactose residual em prebióticos com efeitos benéficos à saúde intestinal. Estudos e revisões recentes demonstram a viabilidade técnica desse processo, bem como a influência de fatores operacionais críticos, como tipo de enzima, concentração de substrato e condições de reação, no rendimento e perfil dos GOS produzidos (Deshmukh et al., 2024; Irazoqui et al., 2024).

Além das aplicações emergentes, o soro de leite é tradicionalmente empregado na indústria de alimentos como ingrediente funcional em produtos de panificação, bebidas lácteas, formulações cárneas e suplementos proteicos (Kaur et al., 2020; Kumar et al., 2023; El-Aidie; Khalifa, 2024).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão narrativa evidenciou que o soro de leite, um subproduto amplamente gerado pela indústria láctea, apresenta composição complexa e elevada densidade nutricional, caracterizada pela presença de lactose, proteínas de alto valor biológico e diversos compostos bioativos. Essas características conferem ao soro um expressivo potencial de valorização por meio de diferentes rotas tecnológicas, permitindo sua conversão em produtos de maior valor agregado.



As aplicações biotecnológicas analisadas demonstram que o soro de leite pode atuar como substrato versátil para distintos bioprocessos, viabilizando a obtenção de biocombustíveis, ácidos orgânicos, biopolímeros e biomassa microbiana. Essas estratégias representam alternativas promissoras para a diversificação de produtos, agregação de valor e redução do desperdício de recursos na cadeia produtiva do leite.

No âmbito alimentício, destacam-se o desenvolvimento de alimentos e bebidas funcionais, a obtenção de peptídeos bioativos com potenciais efeitos benéficos à saúde, a produção de ingredientes prebióticos e a elaboração de materiais comestíveis para aplicações em embalagens. Esses avanços evidenciam a ampla funcionalidade das diferentes frações do soro e seu potencial para inovação no setor de alimentos.

A integração de tecnologias como separação por membranas, hidrólise enzimática e processos fermentativos mostra-se essencial para maximizar o aproveitamento dos constituintes do soro e favorecer a viabilidade técnica e econômica de sua valorização. Além disso, a adoção dessas abordagens contribui para a mitigação de impactos ambientais associados ao descarte inadequado do soro, alinhando-se aos princípios da economia circular e da sustentabilidade industrial.

As perspectivas futuras para a valorização do soro de leite envolvem o desenvolvimento de biorrefinarias integradas, o avanço de processos biotecnológicos e a ampliação de aplicações em diferentes setores industriais. Entretanto, desafios relacionados à escalabilidade, aos custos de processamento e às exigências regulatórias ainda precisam ser superados para viabilizar a implementação em larga escala dessas rotas de valorização.

REFERÊNCIAS

- CHOPADA, K. et al. Purification and characterization of novel antihypertensive and antioxidative peptides from whey protein fermentate: in vitro, in silico, and molecular interactions studies. **Journal of the American Nutrition Association**, v. 42, n. 7, p. 662–678, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/27697061.2022.2110966>.
- DE GIORGI, S. Biotechnology for the valorization of dairy industry by-products: the case of the lactobionic acid. 2017. **Tese** (Doutorado) – Università di Bologna, Bologna, 2017. DOI: <https://doi.org/10.6092/UNIBO/AMSDOTTORATO/8159>.
- DESHMUKH, N. et al. Waste to nutrition: the evolution of whey, a byproduct to galactooligosaccharides production. **Food Chemistry Advances**, v. 4, p. 100642, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100642>.
- DOPAZO, V. M. et al. Revalorization by lactic acid bacterial fermentation of goat whey from cheese industry as a potential antifungal agent. **Food Bioscience**, v. 53, p. 102586, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102586>.
- DREŹEK, K. et al. Valorisation of whey permeate in sequential bioprocesses towards value-added products: optimisation of biphasic and classical batch cultures of *Kluyveromyces marxianus*. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 8, p. 7560, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24087560>.
- EL-AIDIE, S. A. M.; KHALIFA, G. S. A. Innovative applications of whey protein for sustainable dairy industry: environmental and technological perspectives – a comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 23, n. 2, e13319, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13319>.
- ESTÉVEZ TELLE, N. Integrative processes for the valorisation of bovine whey proteins through the production of bioactive peptides and heat-induced gels, and their use as functional ingredients. 2015. **Tese** (Doutorado) – Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2015. Disponível em <https://portalcientifico.uvigo.gal/documentos/5f90daaa2999522a4a6ed28c> Acesso 20 de out. 2025.
- ÍÑIGUEZ-MORENO, M.; POONIA, A. Green technologies for treatment and utilization of whey towards sustainable exploitation. In: **Whey valorization**. Singapore: Springer, 2023. p. 63–88. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-5459-9_4.
- IRAZOQUI, J. M. et al. Enzymes for production of whey protein hydrolysates and other value-added products. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 108, p. 1–19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13117-2>.
- KAUR, N. et al. Recent developments in purification techniques and industrial applications for whey valorization: a review. **Chemical Engineering Communications**, v. 207, n. 7, p. 944–966, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00986445.2019.1573169>.
- KOUKOUMAKI, D. I. et al. The development of novel edible films from single-cell protein produced by the biotechnological valorization of cheese whey. **Applied Microbiology**, v. 4, n. 3, p. 1006–1024, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol4030070>.



KUMAR, N. et al. Utilization of whey: sustainable trends and future developments. In: **WHEY VALORIZATION**. Singapore: Springer, 2023. p. 35–62. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-5459-9_3.

MAESTRE, K. L. et al. Cheese whey permeate valorization using sequential fermentations: case study performed in the Western Region of Paraná. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, e21082, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I13.21082>.

MUTALIYEVA, B. et al. Acid whey valorization: novel approaches for probiotic and functional products development. **Frontiers in Nutrition**, v. 12, p. 1630925, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1630925>.

ROSOLEN, M. Microencapsulação simbiótica de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* R7 usando soro de queijo como matriz alimentar. 2021. **Tese** (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, 2021. Disponível em: <https://www.dctaufpel.com.br/ppgcta/manager/uploads/thesis/rosolen-michele-microencapsulacao-simbiotica-de-lactococcus-lactis-subsp-lactis-r7-usando-soro-de-qu-815.pdf>. Acesso em: 03 out 2025.

SALVADO, A. F. A.; LEITÃO, J. H.; FONSECA, L. P. Enzymatic production of bioactive peptides from whey proteins: their active role and potential health benefits. In: **enzymatic production of bioactive peptides**. Cham: Springer, 2021. p. 279–302. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58315-6_15.

SANTOS, C. R.; SILVA, C. B. S.; ROCHA, M. Hidrolisado de soro de leite e derivados: uma revisão da obtenção e bioatividades. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16795–16811, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-105>.

SARENKOVA, I. et al., Lactobionic acid production by *Pseudomonas taetrolens* in a fed-batch bioreactor using acid whey as substrate. **International Journal of Dairy Technology**, v. 75, n. 2, p. 361–371, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12841>

SARAIVA, C. B.; PINTO, C. C. Do descarte ao valor: estratégias inovadoras de reutilização do soro de leite. **Revista Foco**, v. 17, n. 1, e4292, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n1-174>

SAUBENOVA, M. et al. Bioactive peptides derived from whey proteins for health and functional beverages. **Fermentation**, v. 10, n. 7, p. 359, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation10070359>.

VALDEZ CASTILLO, M. et al. Co-fermentation of agri-food residues using a co-culture of yeasts as a new bioprocess to produce 2-phenylethanol. **Molecules**, v. 28, n. 14, p. 5536, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28145536>.