

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PIRACICABA DEP. “ROQUE TREVISAN”
TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

**DIONISIO REZENDE NETO
PEDRO HENRIQUE PAES RAMALHO**

**SORO DE LEITE: APLICAÇÃO DAS PROTEÍNAS COMO FILMES
COMESTÍVEIS.**

PIRACICABA-SP

Novembro/2024

**DIONISIO REZENDE NETO
PEDRO HENRIQUE PAES RAMALHO**

**SORO DE LEITE: APLICAÇÃO DAS PROTEÍNAS COMO FILMES
COMESTÍVEIS.**

**Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado à Faculdade
de Tecnologia de Piracicaba Dep.
“Roque Trevisan”, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Graduado em Tecnologia em
Alimentos.**

**Orientador: Prof. Dr. Tadeu Alcides
Marques**

PIRACICABA-SP

Novembro/2024

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

R165s

Ramalho, Pedro Paes Henrique, Rezende Neto, Dionisio

Soro de leite: Aplicação das Proteínas como filmes Comestíveis / Pedro Henrique Paes Ramalho, Dionisio Rezende Neto. – Piracicaba, 2024.

33 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Tecnólogo em Alimentos) – Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. “Roque Trevisan” – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”, Piracicaba, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Alcides Marques.

1. Recobrimento. 2. Composição. 3. Embalagens. I. Marques Alcides, Tadeu. II. Faculdade de Tecnologia de Piracicaba “Dep. Roque Trevisan” – Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza. III. Soro de leite: Aplicação das Proteínas como filmes Comestíveis

664.028

DIONÍSIO REZENDE NETO
PEDRO HENRIQUE PAES RAMALHO

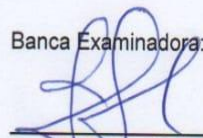
SORO DE LEITE: APLICAÇÃO DAS PROTEÍNAS COMO FILME
COMESTÍVEL

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado à Faculdade de Tecnologia de Piracicaba
Dep. "Roque Trevisan", como requisito parcial à obtenção
do título de Graduado em Tecnologia em Alimentos.

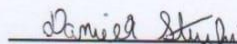
Orientador: Prof Dr Tadeu Alcides Marques

Data de aprovação: 28/11/2024

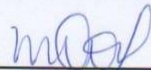
Banca Examinadora:



Prof Dr Tadeu Alcides Marques
(Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. "Roque Trevisan")



Profª Drª Daniela Terenzi Stuchi
(Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. "Roque Trevisan")



Profa. Dra Marcia N Costa Jordão Medina
(Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. "Roque Trevisan")

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, fonte de força e inspiração, por nos guiar em cada passo e iluminar nosso caminho ao longo dessa jornada acadêmica. Sua presença, muitas vezes invisível, mas sempre sentida, nos sustentou e tornou possível a realização deste trabalho.

Aos nossos familiares, pelo amor incondicional, pela paciência e pelo apoio nos momentos de dificuldade. Vocês foram nosso porto seguro e nos motivaram a continuar mesmo quando os desafios pareciam maiores que nossas forças.

Aos nossos amigos, em especial Amanda e Paola, que estiveram ao nosso lado em todos os momentos, compartilhando palavras de incentivo, risadas e conselhos valiosos. A amizade de vocês tornou essa trajetória mais leve e cheia de significados.

Aos nossos professores e orientadores, que não apenas nos transmitiram conhecimento, mas também nos inspiraram e guiaram ao longo do curso. Agradecemos a dedicação, pelas palavras de motivação e por acreditarem em nosso potencial. Cada ensinamento e orientação foi fundamental para nosso crescimento acadêmico e pessoal.

RESUMO

O presente trabalho contextualiza o panorama da indústria brasileira de laticínios, destacando os impactos ambientais associados ao descarte do soro de leite e suas ricas propriedades nutricionais. O objetivo desta revisão bibliográfica é avaliar o potencial das proteínas presentes no soro de leite para a elaboração de filmes e recobrimentos comestíveis aplicados à conservação de alimentos. A pesquisa foi conduzida em bases científicas, como PubMed, Scielo e Google Acadêmico, bem como nos repositórios da Unicamp e USP, considerando artigos publicados entre 2006 e 2024. Esta abordagem visou mapear as aplicações das proteínas do soro em filmes comestíveis, detalhando as propriedades físico-químicas das proteínas, como a β -lactoglobulina e a α -lactalbumina, que são essenciais para a formação de filmes devido à sua flexibilidade, transparência e capacidade de formar barreiras contra oxigênio. A revisão bibliográfica mostrou que filmes comestíveis à base de soro de leite apresentam alta eficiência na conservação de frutas e vegetais, promovendo a preservação da umidade e a proteção microbiológica dos alimentos. Além disso, representam uma alternativa sustentável às embalagens sintéticas, contribuindo para a redução de resíduos plásticos e agregando valor a um subproduto que, muitas vezes, é descartado de forma inadequada. De acordo com os estudos pesquisados, os filmes comestíveis não substituem integralmente as embalagens tradicionais, mas desempenham um papel complementar, melhorando a sustentabilidade da cadeia produtiva de alimentos. O desenvolvimento e a aplicação de tecnologias que utilizam o soro de leite como matéria-prima são indispensáveis para atender às demandas por soluções mais sustentáveis e economicamente viáveis na indústria alimentícia, ao mesmo tempo em que promovem o reaproveitamento de recursos e a preservação ambiental.

Palavras-chave: recobrimento, composição, reaproveitamento, conservação, embalagens.

ABSTRACT

The present study contextualizes the panorama of the Brazilian dairy industry, highlighting the environmental impacts associated with whey disposal and its rich nutritional properties. The objective of this bibliographic review is to evaluate the potential of whey proteins for the development of edible films and coatings applied to food preservation. The research was conducted using scientific databases such as PubMed, Scielo, and Google Scholar, as well as repositories from Unicamp and USP, considering articles published between 2006 and 2024. This approach aimed to map the applications of whey proteins in edible films, detailing the physicochemical properties of proteins like β -lactoglobulin and α -lactalbumin, which are essential for film formation due to their flexibility, transparency, and ability to create oxygen barriers. The bibliographic review showed that whey-based edible films exhibit high efficiency in preserving fruits and vegetables, promoting moisture retention and microbiological protection of foods. Furthermore, they represent a sustainable alternative to synthetic packaging, contributing to the reduction of plastic waste and adding value to a byproduct often improperly discarded. According to the studies analyzed, edible films do not entirely replace traditional packaging but play a complementary role, enhancing the sustainability of the food production chain. The development and application of technologies that use whey as a raw material are indispensable for meeting the demands for more sustainable and economically viable solutions in the food industry while promoting resource reuse and environmental preservation.

Keywords: coating, composition, reuse, preservation, packaging

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
METODOLOGIA	10
3. Revisão de Literatura	11
3.1 Cadeia Produtiva do Leite	11
3.2 Derivados de Leite	13
3.3 Soro de Leite e os Impactos Ambientais	15
3.4 Composição e Reaproveitamento	18
3.5 Filmes Comestíveis	21
3.6 Filmes Comestíveis de Proteínas	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	27

INTRODUÇÃO

Devido a sua versatilidade e histórico, o leite tem sido empregado como matéria-prima na produção de uma variedade de produtos alimentícios amplamente consumidos dentre os quais se destacam produção diferente tipos queijos e caseína (Almeida, 2019).

Na visão de Farias (2015), o processo de fabricação industrial ou artesanal de derivados de leite como por exemplo, o queijo surge um subproduto intrigante: o soro de leite. Frequentemente visto como um resíduo, o soro é uma oportunidade de alto valor para a indústria e a biotecnologia.

O soro de queijo é o líquido remanescente após a precipitação e remoção da caseína do leite durante a fabricação do queijo. Este subproduto representa 85–90% do volume do leite e retém 55% dos nutrientes do leite (Leite, Barrozo e Ribeiro, 2012). Para Santin (2020), a parte residual líquida do processo de obtenção de derivados de leite, como por exemplo o queijo tem presença de várias moléculas tais como: proteínas, lactose, minerais entre eles pode se citar o cálcio, fosforo, magnésio e o zinco. vitaminas e alguns traços de gordura do leite. A disposição dos nutrientes do soro de leite varia de acordo com a fonte e o processo de beneficiamento.

Conforme Almeida e Silva (2023), Carvalho (2013) e Bald (2014), o soro de leite, é rico em matéria orgânica como por exemplo lactose e proteínas, o que causa danos ambientais se descartados sem tratamento prévio. No entanto, estudos demonstram o potencial de reaproveitamento do soro. O soro doce é o que possui maior aplicabilidade industrial; pode ser aproveitado, ainda na forma líquida direta ou com a realização da condensação para a produção de queijos frescos (ricota ou cottage) ou bebidas lácteas (Nunes *et al.*, 2018).

De acordo com Peixoto *et al.* (2023), Tosta *et al.* (2008) e Santos *et al.* (2015), outra forma de aproveitamento do soro é na elaboração de embalagens de alimentos como os filmes ou revestimentos comestíveis. Os filmes comestíveis representam uma alternativa promissora para a indústria alimentícia. As propriedades físico-químicas em especial das proteínas do soro de leite, por exemplo a gelificação, o que torna adequadas para essa aplicação.

Diante de um cenário de demanda por alimentos mais seguros, o emprego de filmes comestíveis do soro de leite se destaca como uma solução sustentável e eficiente.

O presente trabalho se propôs a efetuar um levantamento de dados sobre a aplicação das proteínas do soro de leite na proteção e conservação de alimentos, tendo em mente a qualidade e segurança alimentar, aliando-se à sustentabilidade e à valorização de subprodutos da indústria de laticínios.

METODOLOGIA

A busca por literatura foi realizada em bases de dados científicas, como PubMed, Scielo, e Google Acadêmico, Repositório Unicamp, USP utilizando palavras-chave como "soro de leite", "filmes comestíveis", "revestimentos comestíveis", "alimentos vegetais", "preservação de alimentos" e através da análise de estudos publicados nos últimos 18 anos (2006-2024), explorar as aplicações inovadoras do soro de leite em filmes e revestimentos comestíveis para alimentos vegetais e trabalhou com aplicativos de tradução para a língua nativa do autor.

3. Revisão de Literatura

3.1 Cadeia Produtiva do Leite

A cadeia produtiva do leite e derivados é um setor de grande importância econômica e social para o Brasil, recebendo dedicação especial do Ministério da agricultura Pecuária e Abastecimento-(MAPA). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, com produção em 98% dos municípios brasileiros, tendo a predominância de pequenas e médias propriedades, empregando perto de 4 milhões de pessoas (Brasil, s.d).

A atividade leiteira adquiriu uma posição incontestavelmente expressiva no agronegócio brasileiro, tanto na geração de empregos como no desempenho econômico (Sousa, 2015). De acordo com Rocha, Carvalho e Resende (2020), a cadeia produtiva do leite é umas das grandes principais atividades econômicas do país atualmente, tendo um forte efeito na geração de emprego e renda no país. No entanto segundo o estudo conduzido pelo Instituto de Economia Agrícola-(IEA) (2023), o panorama da produção de leite vem se variando desde 2021, com diversos produtores saindo da atividade ou tendo uma redução do rebanho em vários estados do país. Por sua vez o poder de compra do leite teve sua pior relação no primeiro bimestre, quando era necessária maior quantidade de leite para aquisição dos insumos (Lana *et al.*,2023). O ano de 2022 se destacou por altos preços que se intensificaram com a entrada da entressafra, o que comprometeu o consumo do produto pela população, devido a questões econômicas do país que se configuraram por um cenário de desemprego e queda de salários dos trabalhadores (Instituto de Economia Agrícola-IEA, 2023).

Conforme o Instituto de Economia Agrícola-(IEA) (2023) e Carvalho (2023), a crescente nos preços do leite no ano passado se deu por uma combinação de fatores internos e externos. A redução da produção nacional, aumento dos custos de produção (motivado pela alta de preços de milho e soja, piorado pela seca intensa causada pelo fenômeno La Niña), a escalada do abandono da atividade leiteira e da conseqüente queda na captação de leite pela indústria, foram os principais fatores internos. Associadamente, o cenário internacional, marcado pelo

conflito entre Rússia e Ucrânia, contribuiu para o aumento dos custos de produção no Brasil. Para Carvalho (2023), a tendência de queda de produção não é um fator isolado no Brasil, sendo observada em outros produtores tradicionais como a Nova Zelândia, que teve sua produção estagnada, e a união Europeia, que demonstrou redução na produção nos últimos anos. Apenas os Estados Unidos mostraram um leve crescimento, no entanto abaixo das taxas anteriores.

Em relação à disponibilidade de leite, 2024 deveria ter começado com o mercado em situação exatamente oposta ao que foi observado no primeiro semestre de 2023; no primeiro semestre de 2023 a produção brasileira de leite começou em queda (-1,2%) no primeiro trimestre em relação mesmo período de 2022 (Galan, 2024).

De acordo com Bellini (2024) e Carvalho, Bellozi e Arantes (2024), apesar de 2023 ter sido um ano com grandes desafios para a indústria láctea. A tendência de eliminação de produtores menos eficientes e pequenos laticínios, observada nos últimos anos, deve persistir. Esse cenário é agravado pela complexa conjuntura global e pela retração das importações chinesas, que, por sua vez, mantêm os preços internacionais estáveis, porém abaixo da média histórica. O fluxo das importações de derivados de leite pela China, o maior comprador mundial, está em um processo de reestruturação. O ambiente econômico chinês, com estimativa de menor crescimento vem gerando desaceleração do consumo interno. Por outro lado, o aumento da produção de leite na China está sucedendo parte das importações de lácteos. As recentes transformações que está ocorrendo no setor lácteo chinês têm gerado impactos significativos no comércio mundial de leite pois, a China é um dos maiores produtores e importadores de derivados de leite do mundo, conseqüentemente exerce uma influência determinante sob os preços dos insumos e a oferta global, impactando diretamente o mercado internacional.

Segundo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada-(Cepea) (2024), o início de agosto, o mercado de leite demonstrava uma tendência de queda nos preços para o terceiro trimestre, motivada pela perspectiva de aumento da produção e pela demanda sensível aos preços nas gôndolas.

No entanto, a produção esperada não acompanhou as projeções, devido a diversos fatores. O fator climático extremo em algumas regiões foi o principal responsável (as fortes chuvas no Sul prejudicaram a produção, enquanto a seca e o calor no Sudeste e centro-oeste afetaram a qualidade das pastagens). Conseqüentemente, reduzindo a disponibilidade de forragem e aumentando os custos de produção.

Desse modo, a cadeia agroindustrial do leite brasileira necessita de políticas governamentais que integrem os macros segmentos de produção de matéria-prima, industrialização e comercialização para fortalecer o setor e o tornar mais competitivo frente ao mercado externo (Nascimento *et al.*, 2024).

3.2 Derivados de Leite

O leite é um dos produtos de origem animal mais consumidos no mundo e possui grande importância socioeconômica no cenário agrícola nacional e, em especial, para um expressivo número de agricultores familiares, em virtude de serem responsáveis por 60% da produção de leite no Brasil (Silva *et al.*, 2019).

Segundo Bernardino (2021), O consumo de leite e seus derivados é fundamental para a saúde de muitos brasileiros. A indústria láctea é extensa, dada a vasta quantidade de gado leiteiro em nosso país. Produtos lácteos são comuns na dieta diária da população, incluindo queijos, iogurtes e leites fermentados, assim como leite e manteiga. Conforme Siqueira (2019), dentre todos os produtos derivados de leite os mais consumidos são os lácteos frescos (inclui leite fluido e iogurte), manteiga, queijos e leite em pó. O beneficiamento do leite mediante ao processamento tecnológico e adição de ingredientes para a produção de derivados lácteos incide diretamente na valorização financeira do produto (Nascimento *et al.*, 2024).

De acordo com Perry (2004), o primeiro derivado lácteo a ser produzido e consumido pelo homem, foi o queijo. Suas origens são datadas de pelo menos 7.000 anos a.C e evidências arqueológicas revelam a existência de produção e consumo de queijos feitos a partir de leite de vaca e de cabra.

Desse modo, a produção de queijo se difundiu pelo mundo, consequentemente dando origem em uma imensa variedade de queijos, com mais de mil tipos catalogados.

No Brasil, os queijos também são muito apreciados, eles perdem apenas para o leite fluido, representando quase 10% dos lácteos consumidos no País. Dentre os queijos mais citados pelos brasileiros na pesquisa do IBGE estão, nesta ordem: queijo mozzarella, queijo minas, requeijão e queijo prato (Siqueira e Schettino, 2021).

De acordo com a associação brasileiras das indústrias de queijo-(ABIQ) (2021), o queijo representa uma excelente fonte de aminoácidos essenciais, minerais essenciais como cálcio, Fósforo, Selênio, Zinco e Sódio e vitaminas A, B2, B12, D e K2, gorduras benéficas e baixa ou sem lactose (dependo do tipo de queijo). Além dos benefícios nutricionais apresentados, o queijo tem uma matriz com características físico-químicas favoráveis para o crescimento e metabolismo das cepas probióticas. Estudos recentes investigaram os impactos positivos que queijos probióticos poderiam apresentar para a saúde humana (Carmo, Gomes e Cruz, 2024).

Juntamente com a industrialização do leite para a produção de derivados lácteos, há a geração de coprodutos, destacando-se o soro de queijo (Nunes e Santos, 2015). O soro de leite representa de 80 a 90% do volume total do leite utilizado durante a produção de queijos e contém, aproximadamente, 55% dos nutrientes do leite: proteínas solúveis, lactose, vitaminas, minerais e uma quantidade mínima de gordura (Alves *et al.*, 2014). Sob o ponto de vista industrial, há dois tipos principais de soro de leite: soro de leite doce e soro de leite ácido classificados por sua acidez total ou por seu conteúdo em ácido láctico (Oliveira, Bravo e Tonial 2012).

O soro do leite é obtido através do processamento do queijo, no qual a caseína é insolubilizada no seu ponto isoelétrico pela ação da renina, sendo o líquido remanescente chamado de soro doce. Pode também ser obtido por precipitação ácida, sendo chamado de soro ácido (Pelegrine e Carrasqueira, 2008).

O processo de coagulação do leite pode ocorrer, principalmente, por duas vias: coagulação ácida ou enzimática, sendo a característica do gel obtido dependente do tipo de coagulação, do tipo de processamento aplicado e da composição do leite inicial (Silva *et al.*, 2022).

A coagulação enzimática do leite envolve modificação da micela de caseína pela proteólise limitada (quebra da ligação peptídica Phe₁₀₅ – Met₁₀₆) provocada pelas enzimas do coalho ou de coagulantes, seguida pela agregação, induzida pelo cálcio, dessas micelas alteradas (Paula, Carvalho e Furtado, 2009).

Já a coagulação ácida do leite ocorre pela adição de culturas *starter*, que fermentam a lactose e produzem ácido láctico (Mostaro, 2022). A acidificação é proporcionada pela fermentação da lactose para ácido láctico pelas bactérias lácticas adicionadas ao leite ou pela acidificação direta com adição de ácido láctico em alguns casos (Paula, Carvalho e Furtado, 2009).

Na visão Tsakali *et al.*(2010) e Paula (2005), os produtos que têm a característica de gerar o soro ácido são ricota, cottage, cream cheese, Petit Suisse e Quark e o soro doce é obtido partir de queijo minas frescal, Cheddar e Emmental, suíço, mussarela e prato.

3.3 Soro de Leite e os Impactos Ambientais

O soro é a porção aquosa liberada do coágulo durante a fabricação convencional de queijos, considerado um efluente residual que pode acarretar graves problemas ambientais associados ao seu alto teor de matéria orgânica (Oliveira, Bravo e Tonial, 2012). De acordo com Smithers (2008), o soro de leite foi descoberto em conjunto com queijo há mais de 7.000 anos, quando os povos antigos tinham que transportar e armazenar o leite por longas distancias era usado os estômagos dos bezerros bovinos. Historicamente, o soro de leite era considerado um desperdício e um incômodo aos para os produtores de queijo e de caseína, o que ocasionou descarte de grandes volumes em corpos de água próximos, agravando o problema ambiental.

De acordo com Buchanan *et al.* (2023) e Carminatti (2020), devido à alta presença de carga orgânica encontrada no soro de leite (DBO 30-50g/l e DQO 60-80g/l), seu descarte inadequado pode causar graves problemas ambientais.

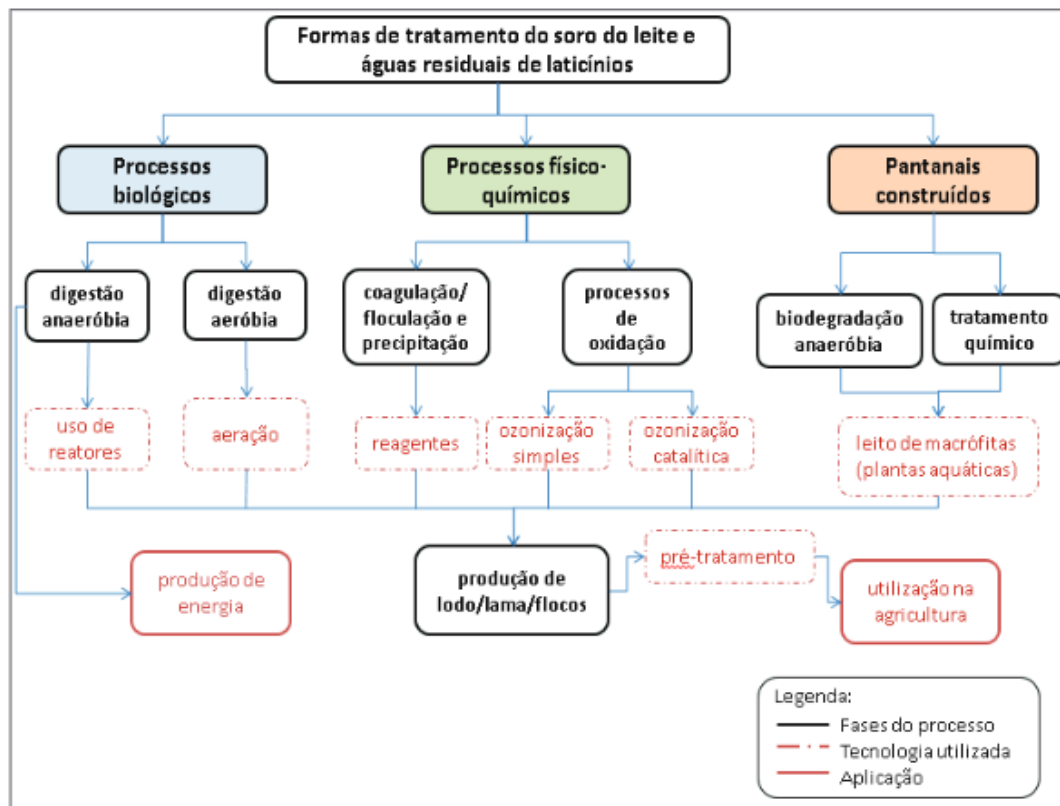
Conforme Alves *et al.* (2011) e Barreto *et al.* (2013), descrevem que o soro de leite como um dos efluentes mais desafiadores para tratamento por conta à sua alta perecibilidade. Eles apontam que, ao ser despejado em corpos de água, o soro eleva a turbidez e reduz os níveis de oxigênio dissolvido, prejudicando organismos aeróbicos e causando desequilíbrios ecológicos. O descarte prolongado de soro em corpos de água favorece a acumulação de nitrogênio e fósforo, agravando o processo de eutrofização. Esse processo estimula o crescimento excessivo de plantas aquáticas e levando à morte de peixes e outras espécies.

Para Carminatti (2020), sendo que, esses problemas ocorrem em razão dos pequenos laticínios que descartam o soro do leite de maneira inadequada, lançando diretamente no solo, rios e redes de coleta de esgoto sem o devido tratamento. Isso ocorre pelo fato de que o emprego de média a alta tecnologia para tratamento do soro não ser economicamente e estruturalmente viável, sendo que necessitam de uma quantidade mínima de soro para seu funcionamento.

Questões ambientais, associadas à produção de soro do leite pelas agroindústrias de laticínios, impulsionam buscas por alternativas que visem tanto a preservação do meio ambiente, quanto a agregação de valor a esse coproduto (Nunes *et al.*, 2018).

Na visão de Carvalho, Prazeres e Rivas (2013), descrevem as principais formas de tratamento de efluentes de laticínios e de soro de leite: processos biológicos (aeróbicos ou anaeróbicos), tratamento físico-químico (precipitação, coagulação/floculação, oxidação) e Sistemas Alagados Construídos (tratamento químico e biodegradação anaeróbia). Como observado na Figura 1: Fluxograma de Nunes (2018), que ilustra as principais formas de tratamento de efluentes de laticínios e soro de leite, incluindo processos biológicos, físico-químicos e sistemas alagados construídos.

Figura 01: Formas de tratamentos de efluentes de laticínios de leite



Fonte: Nunes *et al.*, 2018

O soro de leite por ser um grande poluidor ambiental, se torna um enorme problema, pelo fato de existirem muitas indústrias e este mercado ser continuamente crescente, com poucas soluções simples (Carminatti, 2020). No entanto o soro de leite se apresenta uma boa fonte de proteínas de alto valor biológico para o consumo humano. As proteínas do soro do leite são muito conhecidas pela versatilidade de suas propriedades funcionais tecnológicas como ingredientes em produtos alimentícios (Capitani *et al.*, 2005).

3.4 Composição e Reaproveitamento

A composição do soro de leite fresco liberada do coágulo durante a fabricação de queijo possui cerca de 94,25% de água, 0,8% de proteínas do soro, 4,30% de lactose, 0,55% de minerais e 0,10% de gordura (Almeida *et al.*, 2013). O soro de leite (doce e ácido) apresenta aproximadamente 6,42% de sólidos totais. Os sólidos totais do soro de leite são compostos por 0,87% de proteína; 0,50% de gordura; 4,5% de lactose; 0,50% de cinzas; e 0,05% de ácido láctico (Carvalho, 2012).

Dentre todos estes componentes, a lactose e proteínas são os mais importantes para a indústria de alimentos. A lactose é um tipo de carboidrato de baixo poder adoçante, muito usada na indústria alimentícia e como material energético para vários processos biotecnológicos, principalmente na indústria farmacêutica (Nunes e Santos, 2015).

As proteínas do soro do leite apresentam uma estrutura globular contendo algumas pontes de dissulfeto, que conferem um certo grau de estabilidade estrutural (Haraguchi, Abreu e Paula, 2006). As principais proteínas do soro são a β -lactoglobulina e a α -lactalbumina. Tais proteínas são pequenas, globulares e representam, aproximadamente, 70 a 80% do total das proteínas presentes no soro (Pinto, 2010). Conforme Smithers *et al.* (1996) e Haraguchi, Abreu e Paula (2006), 20 a 30% são compostos proteicos menores que incluem o glicomacropéptido, albumina sérica bovina, lactofererrina, imunoglobulinas, fosfolipoproteínas, beta-microglobulinas, gama-globulinas, lacto-peroxidase, lisozima, lactolina, relaxina, lactofano, fatores de crescimento IGF-1 e IGF-2, proteoses-peptonas e aminoácidos livres. Como observado na Tabela 1: Conteúdo de aminoácidos essenciais de algumas proteínas (adaptado de Pinto, 2010), que apresenta as concentrações de aminoácidos essenciais nas proteínas de soro, como isoleucina, leucina, lisina e outros, expressas em mg/g de proteína.

Tabela 01: Conteúdo de aminoácidos essenciais de algumas proteínas (mg/g de proteína).

Aminoácido	Proteínas de Soro
Isoleucina	76
Leucina	118
Lisina	113
Metionina+Cisteína	52
Fenilalanina+tirosina	70
Treonina	84
Triptofano	24
Valina	72

Fonte: adaptado de Pinto, 2010.

Segundo Papiz *et al.* (1986), McIntosh *et al.* (1996), Wit (1998) e Haraguchi, Abreu e Paula (2006), a β -lactoglobulina (β -LG) é a maior proteína do soro de leite (45% - 57%), tem uma representatividade de cerca 3,2g/L. O arranjo globular da β -LG é estável contra ácidos e enzimas proteolíticas presentes no estômago, essa estabilidade é importante em prol da função biológica como uma carregadora de retinol (provitamina A) da vaca para o bezerro jovem. A β -LG é uma rica fonte de em cisteína, um aminoácido essencial que tem característica de estimular a síntese de glutathione um tripeptídeo anticarcinogênico gerado pelo fígado para proteção contra tumores intestinais.

A α -lactalbumina (α -LA), uma importante proteína do leite materno humano e do soro de leite de vaca, pode contribuir para um padrão equilibrado de aminoácidos e aumentar a absorção de cálcio e zinco (Kelleher *et al.*, 2003). A α -lactalbumina é única proteína que contém o maior teor de triptofano (6%) dentre as fontes protéicas alimentares (Heine *et al.*, 1996). A α -LA é precursora da biossíntese de lactose no tecido mamário e possui a capacidade de se ligar a certos minerais, como cálcio e zinco, o que pode afetar positivamente sua absorção (Haraguchi, Abreu e Paula, 2006). Conforme Lönnnerdal (2003), a α -lactalbumina desempenha atividade antimicrobiana contra bactérias e vírus patogênicos e também atividade prebiótica, com estímulo de crescimento de bactérias benéficas como Lactobacilos e Bifidobactérias.

O alto valor nutricional das proteínas do soro pode ser comprovado pelos aminoácidos que as compõem. As proteínas do soro possuem, proporcionalmente, mais aminoácidos contendo enxofre (cisteína e metionina) do que a caseína, que é a proteína láctea que fica retida na massa do queijo (Pinto, 2010). Conforme Alegre (1980), Ozer e Evrendilek (2022) e Ramos *et al.* (2021), por conta do alto valor nutricional das proteínas do soro de leite apresenta alto potencial de utilização como insumo tanto para a indústria alimentícia (bebida fermentada e não fermentada, alimento semissólidos suplementos alimentares e revestimentos) quanto para a de bioprocessamento, fabricação de etanol e biogás, entre outros produtos de valor agregado. Uma série de estudos foram feitas para o desenvolvimento da utilização do soro como componentes de alimentos para humanos (Mizubuti, 1994).

Caracterizado pela riqueza proteica presente em sua composição e pelo grande impacto ambiental que seu descarte gera, diversos pesquisadores têm buscado, ao longo dos últimos anos, alternativas viáveis para a reutilização deste subproduto (Pinheiro *et al.*, 2024). Em muitos países, o soro de leite gerado pelas indústrias de queijo é empregado na alimentação animal ou como fonte de enriquecimento de nutrientes em produtos de maior valor agregado, além de ser utilizado no desenvolvimento de novos produtos alimentícios (Diniz *et al.*, 2024).

As proteínas presentes no soro do leite podem ser aplicadas como matéria-prima multifuncional. Dentre as propriedades pode-se citar: aeração, emulsificação, gelatinização e alta solubilidade. Estas propriedades permitem a elaboração de alimentos com aparência, sabor e textura agradáveis ao paladar (Maia *et al.*, 2020). Tais propriedades funcionais se dão devido à presença e ação da β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, imunoglobulinas, albumina do soro e lactoferrina (Pinheiro *et al.*, 2024). A identificação de alternativas para um adequado aproveitamento do soro de leite é de fundamental importância em função de sua qualidade nutricional, do seu volume e de seu poder poluente (Giroto e Pawlowsky, 2001). A grande aplicação destas proteínas em alimentos é relatada não por proporcionar apenas uma propriedade física particular aos alimentos, mas também pela reprodutibilidade dessas propriedades e capacidade de proporcionar mais que uma finalidade funcional na aplicação como ingrediente alimentício (Alves *et al.*, 2014).

Segundo Almeida e Silva (2023), descreve que o reaproveitamento do soro de leite pode ocorrer na formulação de Ricota, Bebida láctea, Produtos carneos, soro em pó, extração da lactose, alimentação animal, produção de vinagre e etanol, aromas, suplemento alimentar, cosméticos e medicamentos.

Outra forma de aproveitamento dessas proteínas é na elaboração de embalagens de alimentos como os filmes e revestimentos comestíveis. Esses apresentam vantagens como: extensão da validade comercial e melhoria na qualidade nutricional dos alimentos, além disso, atuam na redução às embalagens sintéticas (Santos *et al.*, 2015).

3.5 Filmes Comestíveis

De acordo com Assis e Leoni (2003) e Santos *et al.*, (2015), a utilização de filmes ou revestimentos comestíveis em frutas e vegetais para prolongar sua vida útil, resulta do interesse em desenvolver embalagens biodegradáveis e comestíveis, atendendo à demanda dos consumidores por alimentos de alta qualidade e da crescente preocupação ambiental em relação ao descarte de materiais de embalagem não renováveis. Os filmes são películas finas previamente formadas e só então aplicadas no produto, como envoltório ou entre as camadas dele. Enquanto, os revestimentos são filmes formados no produto, cuja base é aplicada diretamente sobre a superfície do mesmo, onde ocorre a secagem e, assim, a formação do filme, com a função de proteger o alimento, permanecendo durante o uso e até durante o consumo (Krochta, 2002 *apud* Santos *et al.*, 2015).

Conforme Barboza *et al.* (2022), esses revestimentos têm como função proteger o produto contra danos físicos e microbiológicos, evitar a perda de compostos voláteis que conferem sabor e aroma, retardar o processo de envelhecimento natural e manter uma aparência mais fresca e atrativa. Em sua formulação, os compostos usados geralmente são derivados de materiais alimentícios e classificados como seguros, de acordo com o conceito GRAS ("Generally Recognized as Safe") do FDA (Food and Drug Administration), sendo processados conforme as Boas Práticas de Fabricação (BPF) para alimentos.

Para Villadiego *et al.* (2004), a presença de longas cadeias poliméricas é essencial, pois proporciona ao revestimento certa insolubilidade e estabilidade quando em contato com água, garantindo que o produto mantenha suas propriedades protetoras e de preservação no ambiente de armazenamento. Por sua vez Villadiego *et al.* (2004), Barboza *et al.* (2022) e Santos *et al.* (2015), dentre os materiais utilizados para obtenção filmes ou recobrimentos comestíveis são em quatro grupos: proteínas (proteína do soro de leite, colágeno, gelatina, zeína), Lipídeos (óleos, gorduras e ceras), polissacarídeos (amidos, éteres de celulose, dextrina, pectina e quitosana) e compostos (são associações de proteínas mais lipídeos ou polissacarídeos mais lipídeos).

3.6 Filmes Comestíveis de Proteínas

Filmes ou recobrimentos comestíveis podem ser feitos de proteínas, Lipídeos, polissacarídeos e compostos. As proteínas são populares devido à sua abundância e suas qualidades nutricionais. A proteína para elaboração de filmes pode ser extraída de cereais (glúten, prolaminas), leite (caseína, soro de leite), músculo (miofibrilar) e tecido conjuntivo (gelatina) de espécies marinhas ou terrestres (Martínez *et al.*, 2018). No estudo de Santos *et al.* (2015) e Feng *et al.* (2018), compreende que as proteínas do soro de leite são insumos de grande importância na confecção de filmes e recobrimentos comestíveis, devido sua peculiaridade de formar filmes flexíveis, transparência, são neutras em sabor e odor, apresentam boa capacidade de barreira ao oxigênio contribuindo para sua aceitabilidade durante o consumo.

No Quadro 01, estão sintetizadas as principais formulações de filmes comestíveis à base de proteína de soro de leite aplicadas em diferentes alimentos.

Quadro 01: as principais formulações de filmes comestíveis à base de proteína de soro de leite aplicadas em diferentes alimentos.

ALIMENTO	FORMULAÇÃO	RESULTADOS	AUTOR
Fatias de Bananas	0,65 g de concentrado protéico, foi adicionada à 10 mL de água destilada, à temperatura ambiente. Em seguida, a suspensão foi solubilizada após 30 min por 90°C. À solução foram adicionados 0,3 mL de glicerol sob agitação até completa homogeneização.	O revestimento aplicado às fatias de banana demonstrou efetividade na redução da perda de água, evidenciada pelo menor encolhimento das frutas tratadas com o revestimento comestível.	Moritz <i>et al.</i> , 2009
Goiabas	Utilizaram-se soluções de quitosana nas concentrações de 2%, 4%, 6% sem o plastificante glicerol e quitosana nas concentrações de 2, 4%, 6% com o plastificante glicerol na proporção de 1:1. concentrado proteico de soro de leite nas concentrações de 6% e 8%, com glicerol 1:1. E glúten nas concentrações proteicas de 10% e 12%, com glicerol 1:1	Todos os recobrimentos tiveram boa aderência às frutas, sem problema de descamação.	Cerqueira <i>et al.</i> , 2010
Laranja Pêra	Foram empregadas soluções filmogênicas, que continham 4, 6 ou 8% de proteína de concentrado protéico de soro de leite, associado a 3 e 6% de glicerol como plastificante e 4 e 8% de sorbitol como plastificante.	A redução na perda de matéria fresca e as alterações físico-químicas, proporcionadas pelas diferentes coberturas à base de proteínas, são de pequena magnitude	Alleoni, Jacomino e Rosa, 2006
Maça	Utilizou-se a proteína de soro de leite concentrada a 6,0% m/m e 2% m/m de glicerol, foi adicionado os agentes antiescurecimento: ácido cítrico (0,0%, 1,5% e 3,0%) e ácido ascórbico (0,0%, 1,0 e 2,0%).	Influência dos revestimentos ativos, adicionados de ácido cítrico e ácido ascórbico mantiveram a coloração das maçãs minimamente processadas, possibilitando assim o aumento na validade comercial deste produto.	Amaral, 2014

Fonte: Autor

As propriedades mecânicas dos filmes comestíveis à base de proteínas também são melhores do que as dos filmes à base de polissacarídeos e gorduras porque as proteínas têm uma estrutura única (com base em 20 monômeros diferentes) que confere uma gama mais ampla de propriedades funcionais, especialmente um alto potencial de ligação intermolecular (Bourtoom, 2009).

Conforme Santos *et al.* (2015), Bourtoom (2009) e Galus *et al.* (2020), No entanto, por conta de sua natureza hidrofílica, essas embalagens tornam-se seriamente permeáveis à água e menor resistência mecânica em relação aos polímeros sintéticos, o que reduz sua aplicação em produtos que exigem barreira contra umidade. Na formulação de filmes ou recobrimentos, alguns compostos, como plastificantes, agentes de reticulação, emulsificantes e reforços, são usados para aprimorar ou alterar as propriedades básica do material. Além disso, diferentes compostos ativos, como antimicrobianos, antioxidantes, corantes, aromatizantes e nutracêuticos são incorporados à solução formadora de filme para melhorar a qualidade, estabilidade (Galus *et al.*, 2020).

Plastificantes são materiais importantes no desenvolvimento de filmes comestíveis, pois aumentam a flexibilidade e resiliência dos polímeros (Barboza *et al.*, 2022). Plastificante é uma substância não-volátil que, quando adicionada a um material altera suas propriedades mecânicas e/ou físicas (Alleoni, Jacomino e Rosa, 2006). De acordo com Banker (1966) *apud* Alleoni, Jacomino e Rosa (2006) e McHung e Krochta (1994), os filmes formados por meio da desnaturação térmica das proteínas do soro têm a característica de serem quebradiços, exigindo o uso de plastificantes para aumentar a flexibilidade do filme. O sorbitol e glicerol agem como plastificantes pois, tem a capacidade de reduzir as pontes de hidrogênio (ligação de Van der Waals), enquanto aumentam os espaços intermoleculares e diminuir as interações entre as cadeias poliméricas, aumentando a flexibilidade e diminuindo as propriedades de barreiras dos filmes.

No estudo de Tosta *et al.* (2009), avaliaram a eficiência de filmes à base de concentrado de soro de leite bovino e glicerol como recoberto para preservar a qualidade de morangos armazenados à temperatura ambiente.

Observou-se que os morangos revestidos apresentaram uma menor redução de massa inicial em relação aos morangos do grupo controle. Outro aspecto observado foi a presença de contaminação microbiana. Os morangos revestidos mantiveram sua superfície praticamente inalterada enquanto os morangos sem revestimento apresentaram sinais de contaminação por fungos.

Por sua vez Sabino *et al.* (2008), observou-se que concentração de glicerol, utilizado como plastificante, exerceu influência na resistência dos filmes. A formulação com 3% de glicerol desmontou maior tensão (12.000N/cm²), indicando maior resistência mecânica. Contudo, para concentrações superiores (7%), houve uma redução na tensão (5.000 N/cm²), sugerindo que o excesso de plastificante pode comprometer a estrutura do filme.

Nessa mesma perspectiva os autores Alleoni, Jacomino e Rosa (2006), avaliaram o efeito de coberturas à base de concentrado protéico de soro de leite (CPSL), associadas a dois tipos de plastificantes (glicerol e sorbitol), em laranja 'Pêra'. Observou-se que após 11 dias de armazenagem, as laranjas cobertas com solução filmogênica de 6% de proteína e 6% de glicerol, e laranjas cobertas com solução de 4% de proteína e 8% de sorbitol perderam menos massa, quando comparadas às outras combinações de proteína e plastificante.

Conforme descrito por Oliveira *et al.* (2008) e Tosta *et al.* (2009), os morangos revestidos mantiveram sua superfície praticamente inalterada devido à presença de glicomacropéptido, lactoferrina e lactoperoxidase, substâncias com atividade antimicrobiana. Nesse sentido Andrioli *et al.* (2009), utilizaram filmes protéicos à base de soro de leite acrescidos de lactoferrina para avaliar sua atividade antimicrobiana. os resultados apresentaram que esses filmes mostraram atividade antimicrobiana, inibindo totalmente o crescimento de *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis* e *Escherichia coli*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reaproveitamento das proteínas do soro de leite para confecção de filmes comestíveis torna-se como uma alternativa promissora e sustentável para indústria alimentícia. A produção desses filmes, além de promover o aproveitamento e valorização de um subproduto da fabricação de queijos e derivados, contribui para a redução do impacto ambiental associado ao descarte inadequado do soro e de embalagens sintéticas.

As proteínas do soro de leite demonstram características favoráveis, como flexibilidade, transparência e capacidade de formar barreiras contra oxigênio, que são essenciais para uma embalagem comestível eficaz.

O emprego dos filmes comestíveis não visa substituir as embalagens sintéticas, mas sim atuar em sinergia com elas, promovendo uma melhor qualidade ao produto e proporcionando economia. Dessa forma, considera-se que novas pesquisas sejam fundamentais para aprofundar o entendimento das propriedades desses filmes, além de otimizar sua produção.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABIQ – Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. 5 benefícios nutricionais dos queijos. [s.l.], 2021. Disponível em: <https://www.abiq.com.br/queijonanutricao/5-beneficios-nutricionais-dos-queijos/>. Acesso em: 17 maio 2024.

ALEGRE, Ranulfo Monte. - Contribuição ao estudo de aproveitamento de soro de queijo para produção de lactase e etanol. 1988. 198 páginas. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos). UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1988.

ALLEONI, Ana Cláudia Carraro; JACOMINO, Angelo Pedro; ROSA, Alexandra Soares. Recobrimento de laranja 'Pêra' com filme de concentrado protéico de soro de leite associado a plastificantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1221-1226, 2006.

ALMEIDA, Cristine *et al.* Proteína do soro do leite: composição e suas propriedades funcionais. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.

ALMEIDA, Raquel Pacheco de; SILVA, William Kássio da. - Soro do leite, descarte e reaproveitamento. 2023. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnólogo em Laticínios). IFAL - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Campus Satuba, 2023.

ALMEIDA, Richardson Bezerra. - Desenvolvimento de bebida láctea fermentada probiótica sabor açaí. 2019. 31 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos). UFMA – Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2019

ALVES, Maura Pinheiro *et al.* Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014.

AMARAL, Daniele Pereira do. Revestimento ativo antiescurecimento à base de proteína do soro de leite aplicado em maçãs minimamente processados. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

ANDRIOLI, Karina Alves *et al.* Desenvolvimento de filmes bioativos à base de soro de leite acrescidos de lactoferrina. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 3.; ENCONTRO DE ATIVIDADES CIENTÍFICAS DA UNOPAR, 12., 2009, Londrina. **Anais**[...]. Londrina: UNOPAR, 2009.

- ASSIS, Odilio B.G. ; LEONI, Ariane Maria. Filmes comestíveis de quitosana. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 30, p. 33-38, 2003.
- BALD, Júlio André *et al.* Características físico-químicas de soros de queijo e ricota produzidos no Vale do Taquari, Rio Grande Sul. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 4, n. 3, p. 90-99, 2014.
- BARBOZA, Henriqueta Talita Guimarães *et al.* Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2022.
- BARRETO, Luciano *et al.* Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.
- BELLINI, José Luiz. Cadeia produtiva do leite vê cenário desafiador em 2024. Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/86780410/cadeia-produtiva-do-leite-ve-cenario-desafiador-em-2024>. Acesso em: 10 maio. 2024.
- BERNARDINO, K. Derivados do leite: conheça os principais produtos. [s.l.], 2021. Disponível em: <https://blog.mfrural.com.br/derivados-do-leite/>. Acesso em: 17 maio 2024.
- BOURTOOM, TJIFRJ. Edible protein films: properties enhancement. **International Food Research Journal**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Mapa do Leite. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao/animal/mapa-do-leite#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20terceiro,de%204%20milh%C3%B5es%20de%20pessoas>. Acesso em: 10 maio 2024
- BUCHANAN, Dominic *et al.* Recent advances in whey processing and valorisation: Technological and environmental perspectives. **International Journal of Dairy Technology**, v. 76, n. 2, p. 291-312, 2023.
- CAPITANI, Caroline Dário *et al.* Recuperação de proteínas do soro de leite por meio de coacervação com polissacarídeo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, p. 1123-1128, 2005.
- CARMINATTI, Thais. - Efeito da aplicação de soro de leite nas características químicas e microbiológicas de solos. 2020. 72 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020.

CARMO, Matheus Rodrigues S, GARCIA-Gomes Aline S, DA CRUZ, Adriano G. queijos probióticos: uma combinação promissora para a saúde? **Revista Técnica da Agroindústria**, vol. 1, n. 2, 2024

CARVALHO, Fátima; PRAZERES, Ana R.; RIVAS, Javier. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. **Science of the total environment**, v. 445, p. 385-396, 2013.

CARVALHO, Glauco Rodrigues; BELLOZI, Ítalo de Paula.; ARANTES, Maria Souza Lima. Leite na China: mudanças na estrutura e produção e importações. 2024. p. 12-13. Embrapa.

CARVALHO, Glauco; CARVALHO, Clesiane; ARANTES, Maria Souza Lima. Leite: produção, importação e disponibilidade interna. **AgroANALYSIS**, v. 44, n. 04, p. 15-17, 2024.

CARVALHO, Kassandra Duarte. - Utilização de soro de leite doce na fabricação de sorvete de massa. 2012. 172 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável e Qualidade de Vida). UNIFAE – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino, São João da Boa Vista, 2012.

CARVALHO, Marcelo Pereira de. Vai faltar leite no mundo mesmo? Milkpoint, 2023. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/marcelo-pereira-de-carvalho/vai-faltar-leite-no-mundo-mesmo-233862/>. Acesso em: 04 março. 2024

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Leite/Cepea: oferta não cresce como esperado e preços voltam a subir. [s.l.], 2024. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/leite-cepea-oferta-nao-cresce-como-esperado-e-precos-voltam-a-subir.aspx?pagina=1>. Acesso em: 10 outubro. 2024.

CERQUEIRA, Thales Sandoval *et al.* Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. **Bragantia**, v. 70, p. 216-221, 2011.

DINIZ, Thalisson Gonçalves. Aproveitamento do soro de leite na indústria alimentícia. MilkPoint, 02 novembro. 2024. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-licinios/aproveitamento-do-soro-de-leite-na-industria-alimenticia-237401/>. Acesso em: 10 novembro. 2024.

FARIAS, Patrícia de Oliveira Leite. Potencialidade do soro de queijo frente a outras fontes de carbono para produção de β -galactosidase por *Kluyveromyces lactis* URM 6684. 2015. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

FENG, Zhibiao *et al.* Edible coating based on whey protein isolate nanofibrils for antioxidation and inhibition of product browning. **Food Hydrocolloids**, v. 79, p. 179-188, 2018.

- GALUS, Sabina *et al.* Novel materials in the preparation of edible films and coatings- A review. **Coatings**, v. 10, n. 7, p. 674, 2020.
- GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. **Brasil Alimentos**, v. 2, n. 5, p. 43-46, 2001.
- HARAGUCHI, Fabiano Kenji; ABREU, Wilson César de; PAULA, Heberth de. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de nutrição**, v. 19, p. 479-488, 2006.
- HEINE, W. *et al.* α -Lactalbumin-enriched low-protein infant formulas: a comparison to breast milk feeding. **Acta Paediatrica**, v. 85, n. 9, p. 1024-1028, 1996.
- KELLEHER, Shannon L. *et al.* Glycomacropeptide and α -lactalbumin supplementation of infant formula affects growth and nutritional status in infant rhesus monkeys. **The American journal of clinical nutrition**, v. 77, n. 5, p. 1261-1268, 2003.
- LANA, Manuela Sampaio *et al.* Poder de compra do leite em 2022. Anuário Leite 2023: leite: baixo carbono. Embrapa Gado de Leite, 2023. p. 8-10. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono>. Acesso em: 12 março 2024.
- LEITE, Marcelo Teixeira; BARROZO, Marcos Antonio de Souza; RIBEIRO, Eloizio Julio. Canonical analysis technique as an approach to determine optimal conditions for lactic acid production by lactobacillus helveticus ATCC 15009. **International Journal of Chemical Engineering**, v. 2012, 2012.
- LÖNNERDAL, Bo. Nutritional and physiologic significance of human milk proteins. **The American journal of clinical nutrition**, v. 77, n. 6, p. 1537-1543, 2003.
- MAIA, Geisa Priscilla Araújo Gomes *et al.*, Vantagens da aplicação do soro de leite na formulação de produtos alimentícios. MilkPoint, 3 novembro. 2024. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/vantagens-da-aplicacao-do-soro-de-leite-na-formulacao-de-produtos-alimenticios-219631/>. Acesso em: 10 novembro. 2024.
- MCHUGH, Tara Habig; KROCHTA, John M. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 42, n. 4, p. 841-845, 1994.
- MCINTOSH, Graeme H. *et al.* Dairy proteins protect against dimethylhydrazine-induced intestinal cancers in rats. **The Journal of nutrition**, v. 125, n. 4, p. 809-816, 1995.

MIZUBUTI, Ivone Yurika. Soro de leite: composição, processamento e utilização na alimentação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, p. 80-94, 1994.

MORITZ, Karen Kristina *et al.* Redução na perda de água em fatias de bananas (*Musa spp* AAB 'Prata') recobertas com revestimento elaborado à base de proteínas do soro de leite bovino. **Journal of Health Sciences**, v. 11, n. 2, 2009.

MOSTARO, Letícia. Coagulação do leite: do fluido ao gel. MilkPoint, 22 outubro. 2024. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/cruzadinha/coagulacao-do-leite-do-fluido-ao-gel-232006/>. Acesso em: 24 outubro. 2024.

MURRIETA, Martínez, C. L. *et al.* Edible protein films: Sources and behavior. Packaging **Technology and Science**, v. 31, n. 3, p. 113-122, 2018.

NASCIMENTO, Maria da Penha Silva do *et al.* Prospecção da cadeia produtiva do leite no Brasil: panorama histórico, impactos e desafios. **Observatório de la Economia Latino-Americana**, v. 22, n. 4, 2024.

NUNES, Lauane; SANTOS, M. G. Caracterização físico-química de soros obtidos de diferentes tipos de queijos. **Horizonte Científico**, v. 9, n. 2, 2015.

NUNES, Luane Alcântara *et al.* O soro do leite, seus principais tratamentos e meios de valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 301-326, 2018.

OLIVEIRA, Cátia Maria de *et al.* Utilização do soro de leite bovino como revestimento protetor em morangos. 2008. Embrapa. Boletim (CEPPA) - Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 187-196.

OLIVEIRA, Débora F. de; BRAVO, Claudia EC; TONIAL, Ivane B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, 2012.

ÖZER, Barbaros; EVRENDILEK, Gulsun Akdemir. Whey beverages. **Dairy Foods. Woodhead Publishing**, 2022. p. 117-137.

PAPIZ, M. Z. *et al.* The structure of β -lactoglobulin and its similarity to plasma retinol-binding protein. **Nature**, v. 324, n. 6095, p. 383-385, 1986.

PAULA, J. C. J. Elaboração e estabilidade de bebida carbonatada aromatizada à base de soro de leite. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

PAULA, Junio César Jacinto de; CARVALHO, Antônio Fernandes de; FURTADO, Mauro Mansur. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367, p. 19-25, 2009.

PEIXOTO, Lucas Silva *et al.* Filmes e revestimentos comestíveis para prolongar a vida útil dos alimentos. **Ciência e tecnologia de alimentos: Pesquisas e avanços**. Agron Food Academy, 2023. Capítulo 19. p. 203 – 213

PELEGRINE, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 2, p. 145-151, 2008.

PERRY, Katia SP. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Química nova**, v. 27, p. 293-300, 2004.

PINHEIRO, Pedro Paulo Alves *et al.* Reutilização do soro do leite: uma alternativa sustentável. Portalghf, 31 janeiro. 2024. Disponível em: <https://portalghf.com.br/noticia/agronegocio/2024/01/31/reutilizacao-do-soro-do-leite-uma-alternativa-sustentvel/17526.html>. Acesso em: 1 outubro. 2024

PINTO, Fernanda Andrade. Metodologia da espectroscopia no infravermelho para análise dos soros provenientes da fabricação de queijos Minas padrão e prato. 2010. 45 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). UFMG – Universidade Federal de Minas Geras, Belo Horizonte, 2010

RAMOS, Gustavo Luis de Paiva Anciens *et al.* Whey: generation, recovery, and use of a relevant by-product. In: Valorization of agri-food wastes and by-products. **Academic Press**, 2021. p. 391-414.

ROCHA, Denis Teixeira da; CARVALHO, Glauco Rodrigues; RESENDE, João Cesar de. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. Circular Técnica Embrapa, v. 123, p. 1-16, 2020.

Sabino, Thiago Mazer *et al.* Coberturas à base de proteínas do soro de leite com própolis vermelha: efeito da porcentagem de plastificante na resistência à ruptura. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2.; ENCONTRO DE ATIVIDADES CIENTÍFICAS DA UNOPAR, 11., 2008, Londrina. **Anais[...]**. Londrina: UNOPAR, 2008.

SANTIN, Juliana. Soro do leite: o que é e benefícios para a saúde. Milkpoint, 2020. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/beneficios-do-soro-do-leite-para-a-saude-18419n.aspx#>. Acesso em: 20 de março de 2024.

SANTOS Barbosa, Antusia dos *et al.* Utilização do soro como substrato para produção de aguardente: estudo cinético da produção de etanol. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 6, 2010.

SANTOS, Regiane Ribeiro *et al.* Proteína do soro de leite: Aproveitamento e aplicações na produção de embalagem biodegradável. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 9, 2015

Silva, Lucas Alves da *et al.* VI-099– a problemática dos efluentes das indústrias de laticínios 2011. *in*: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 26., 2011, Belo Campina Grande. **Anais[...]**. Belo Campina Grande: ABES, 2011. P. 1-4

SILVA, Bárbara Ponzilacqua *et al.* Caracterização da produção e qualidade do leite em propriedades de agricultura familiar na região sul do Rio Grande do Sul. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 74, n. 4, p. 231-239, 2019.

SILVA, Fernanda Lopes *et al.* Monitoramento da distribuição do tamanho das partículas do leite integral e desnatado durante os processos de coagulação ácida ou enzimática. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 2022.

SILVA, R. de O. P. e. Panorama do Mercado de Leite em 2023. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 18, n. 8, p. 1-7, agosto. 2023. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-29-2023.pdf> . Acesso em: 04 de março de 2024.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz. O mercado consumidor de leite e derivados. Circular Técnica Embrapa, v. 120, p. 1-17, 2019.

SIQUEIRA, KENNYA; SCHETTINO, J. P. J. O consumo de queijo pelos brasileiros. **Accessed**, v. 500, p. 2010-2017, 2021.

SMITHERS, Geoffrey W. *et al.* New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. **Journal of dairy science**, v. 79, n. 8, p. 1454-1459, 1996

SMITHERS, Geoffrey W. Whey e proteínas de soro de leite - Da 'sarjeta ao ouro'. **Revista internacional de laticínios**, v. 7, pág. 695-704, 2008.

SOUSA, Anderson Soares de. Leite: Importância, Síntese e Manipulação da Composição. 2015. 24f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). UFV - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.

TOSTA, Renata da Rosa *et al.* Manutenção da qualidade de morangos cv. Camarosa revestidos com cobertura comestível à base de soro de leite bovino. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2.; ENCONTRO DE ATIVIDADES CIENTÍFICAS DA UNOPAR, 11., 2008, Londrina. **Anais[...]**. Londrina: UNOPAR, 2008

VILLADIEGO, Alba Manuela Durango *et al.* Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Ceres**, v. 52, n.300, 200

WIT, J. N. de. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of dairy science**, v. 81, n. 3, p. 597-608, 1998.