



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Faculdade de Engenharia Química
Programa de Pós-graduação em Engenharia de
Alimentos



JULIANA KARLA DE SOUZA TEIXEIRA ALMEIDA

CARACTERIZAÇÃO DE MISTURA LÁCTEA CONDENSADA

Patos de Minas
2023

JULIANA KARLA DE SOUZA TEIXEIRA ALMEIDA

CARACTERIZAÇÃO DE MISTURA LÁCTEA CONDENSADA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Uberlândia *campus* Patos de Minas, como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Mestre em Engenharia de Alimentos, área de concentração em Desenvolvimento de processos e produtos.

Orientador(a): Prof. Dra. Letícia Rocha Guidi

**Patos de Minas
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

A447c Almeida, Juliana Karla de Souza Teixeira, 1985-
2023 Caracterização de mistura láctea condensada [recurso eletrônico] /
Juliana Karla de Souza Teixeira Almeida. - 2023.

Orientadora: Letícia Rocha Guidi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de alimentos.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.7091>

Inclui bibliografia.

1. Tecnologia de alimentos. I. Guidi, Letícia Rocha, 1984-, (Orient.).
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de alimentos. III. Título.

CDU: 664

Glória Aparecida
Bibliotecária Documentalista - CRB-6/2047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos - Patos
 de Minas

Av. Getúlio Vargas, 230 - Bairro Centro, Patos de Minas-MG, CEP 38700-103
 Telefone: (34) 3823-3714 - www.ppgea.feq.ufu.br - coordppgea@feq.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia de Alimentos				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico n. 1/2023 - PPGEA				
Data:	Dois de fevereiro de dois mil e vinte e três	Hora de início:	14:30	Hora de encerramento:	16:30
Matrícula do Discente:	42112EAL007				
Nome do Discente:	Juliana Karla de Souza Teixeira Almeida				
Título do Trabalho:	Caracterização de Mistura Láctea Condensada				
Área de concentração:	Engenharia de Alimentos				
Linha de pesquisa:	Desenvolvimento de Processos e Produtos				

Reúne-se por webconferência (Microsoft Teams) a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, assim composta: Letícia Rocha Guidi (Presidente/Orientadora), Fabrícia de Matos Oliveira (Membro UFU) e Patricia Amaral Souza Tette (Membro Externo).

Iniciando os trabalhos, a presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e a discente, agradeceu a participação do público, e concedeu à discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da mesma se deu em conformidade às normas do Programa.

A seguir, a senhora presidente concedeu a palavra às examinadoras, que passaram a arguir a discente. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos legais, a Banca Examinadora, em sessão reservada, atribuiu o conceito final, considerando a discente:

Aprovada.

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico integra os requisitos à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme será assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Letícia Rocha Guidi, Presidente**, em 02/02/2023, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Amaral Souza Tette, Usuário Externo**, em 02/02/2023, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Fabricia de Matos Oliveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/02/2023, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4225179** e o código CRC **59E57586**.

Referência: Processo nº 23117.006513/2023-17

SEI nº 4225179

Agradecimentos

Hoje encerro este capítulo muito importante de minha jornada acadêmica e não posso deixar de reconhecer o apoio fundamental da minha família, meu marido Adair, você foi o porto seguro durante todo esse processo. Aos meus pais Clair e Jovelina, meus irmãos Marcelo e Giselle e meu sobrinho Guilherme. A vocês, que estiveram ao meu lado desde o início, dedicando seu amor, paciência e encorajamento, quero expressar minha profunda gratidão.

À minha orientadora Leticia Rocha Guidi, sua sabedoria e apoio foram inestimáveis ao longo de toda a pesquisa. Também agradeço aos demais professores da UFU pelo excelente trabalho e todo aprendizado ao longo do curso, foi uma honra: Libia Diniz, Milla Gabriela, Fabricia de Matos, Marieli de Lima, Ricardo Santana, Michelle Sentanin e Vicelma Cardoso.

Ao meu gestor e amigo Amado Jésus Silva agradeço por apoiar este sonho. Sua compreensão e suporte foram fundamentais para a realização deste mestrado.

À Cooperativa Central Mineira de Laticínios sou muito grata pela confiança depositada em mim, assim como a todos meus colegas de trabalho. Quero destacar em especial ao Dr. Warlei Tana, expressando meu apreço pelo incentivo a educação e valorização pessoal.

Sinto também uma imensa gratidão às minhas amigas Camila Vigatto, Lilian Kuribayahi, Kelle Jesus e Dalva Araújo por tornarem os dias mais leves e por torcerem pelas minhas conquistas. Assim como aos novos amigos do mestrado, em especial a Laylla Nunes e Leticia Mello pelo apoio, amizade e pela mão estendida nas horas de dificuldades. A amizade de vocês é um tesouro valioso.

Gratidão!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE GRÁFICOS	v
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 OBJETIVOS	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 LEGISLAÇÃO DO LEITE	5
2.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE	5
2.1.2 PRODUÇÃO DE LEITE	8
2.1.3 PROTEÍNAS DO LEITE	9
2.2 LEGISLAÇÃO DE SORO DE LEITE	12
2.2.1 BENEFÍCIOS, PRODUÇÃO DE SORO E APROVEITAMENTO DO SORO	12
2.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO	14
2.2.3 PROTEÍNAS DO SORO	17
2.3 PRODUTOS LÁCTEOS CONCENTRADOS	22
2.4 LACTOSE E CRISTALIZAÇÃO	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 AMOSTRAS	31
3.2 MÉTODOS	31
3.2.1 ACIDEZ TITULÁVEL	31
3.2.2 BRUX – SÓLIDOS SOLÚVEIS	32
3.2.3 GORDURA	32
3.2.4 EXTRATO SECO TOTAL (EST)	32
3.2.5 UMIDADE	32
3.2.6 VISCOSIDADE	33
3.2.7 RESÍDUO MINERAL FIXO OU CINZAS	33
3.2.8 pH	33
3.2.9 PROTEÍNA – NITROGÊNIO TOTAL	33
3.2.10 COR	33

3.2.11 ATIVIDADE DE ÁGUA	33
3.2.12 LACTOSE E SACAROSE	34
3.2.13 AMIDO	34
3.2.14 SÓLIDOS LÁCTEOS	34
3.2.15 SÓLIDOS LÁCTEOS NÃO GORDUROSOS	34
3.2.16 PROTEÍNAS NOS SÓLIDOS LÁCTEOS NÃO GORDUROSOS	34
3.2.17 CARBOIDRATOS	35
3.2.18 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	35
3.2.19 ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5 CONCLUSÃO	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição do sistema de proteínas do leite	10
Figura 2: Esquema da obtenção dos diferentes tipos de soro de queijo	16
Figura 3: Esquema Calandra de evaporador a vácuo	26
Figura 4: Esquema de uma linha de processamento de leite condensado	27
Figura 5: Velocidade de reações e de crescimento de microrganismos baseado na atividade de água	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para leite cru refrigerado	5
Tabela 2: Composição do leite de vaca	8
Tabela 3: Composição das frações das caseínas	11
Tabela 4: Parâmetros físico-químicos para soro de leite líquido	12
Tabela 5: Valores de acidez e de pH do soro doce e soro ácido	16
Tabela 6: Composição do soro de queijo doce e do soro ácido a partir de leite de vaca	17
Tabela 7: Composição das frações das proteínas do soro em gramas por litro de soro	18
Tabela 8: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para leite condensado	23
Tabela 9: Atividade de água (Aw) de produtos lácteos	28
Tabela 10: Lista de ingredientes por ordem de descrição declarado no rótulo	37
Tabela 11: Médias das características físico-químicas das marcas de mistura láctea condensada, obtidas por análise de variância	39
Tabela 12: Médias das características físico-químicas das marcas de mistura láctea condensada, obtidas pelo Teste de <i>Kruskal-Wallis</i>	47
Tabela 13: Resultados microbiológicos de marcas de mistura láctea condensada por Teste de <i>Kruskal-Wallis</i>	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Volume da produção brasileira de leite sob inspeção de 2000 a 2020 9

Gráfico 2: Volume de produção brasileira de leite condensado por região entre os anos de 2010 e 2016 24

RESUMO

O leite e os derivados lácteos são produtos amplamente consumidos, sendo importantes fontes de nutrientes e ainda umas das principais fontes de cálcio. Dentre os derivados lácteos tem-se o soro de leite que, devido ao seu alto potencial poluidor, se faz cada vez mais necessário o seu aproveitamento. No soro de leite há benefícios nutricionais, pela presença de proteínas com atributos relacionados à saúde, como propriedades antimicrobianas, antivirais e antioxidantes. O leite e o soro de leite podem passar por processos de concentração em trocadores de calor à vácuo. Neste contexto, há a mistura láctea condensada, um produto lácteo concentrado, em que é utilizado soro de leite na substituição parcial do leite e torna-se uma boa opção de aproveitamento de soro de leite, além de gerar um produto final com menor custo. Este produto não possui regulamento técnico de identidade e qualidade e, por isso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a composição físico-química, cor e características microbiológicas, avaliando-se as diferenças existentes entre as marcas e a qualidade do produto. Foram adquiridas amostras no comércio de diversas marcas, sendo 3 lotes de cada marca. Foi avaliada a lista de ingredientes e observou-se em algumas marcas que, além dos ingredientes de origem láctea e açúcar, havia a presença de espessantes, estabilizantes e conservantes. Em relação aos componentes físico-químicos, os teores de gordura e de proteína apresentaram valores bem menores em relação ao leite condensado devido ao uso de soro de leite, entretanto não apresentaram diferenças significativas entre as próprias marcas, demonstrando ser uma tendência dentro deste mercado. Em relação aos demais sólidos avaliados, o teor de sólidos lácteos, sólidos lácteos não gordurosos, sacarose, amido e lactose apresentaram diferenças significativas entre as marcas demonstrando certa variabilidade na composição dos produtos. Em relação à viscosidade, que é um importante parâmetro para uso em confeitaria, os valores apresentados pela mistura láctea condensada para algumas marcas foram até mesmo maiores que os valores descritos para leite condensado, demonstrando potencial uso em preparos culinários similares ao leite condensado. Em relação aos parâmetros microbiológicos, algumas marcas apresentaram contagens altas de microrganismos de interesse em saúde pública, como *Staphylococcus aureus*, o que corrobora para necessidade urgente do estabelecimento de regulamento técnico específico. Desta forma, espera-se que este trabalho sirva de referência para estabelecimento de padrões para a elaboração da mistura láctea condensada, garantindo um produto de qualidade e seguro para os consumidores.

PALAVRAS-CHAVE: Lácteos concentrados, Soro de leite, Leite condensado, Evaporador à vácuo, Mistura láctea condensada.

ABSTRACT

Milk and dairy products are widely consumed products, being important sources of nutrients and also one of the main sources of calcium. Among the dairy products there is the whey, which, due to its high polluting potential, a use for whey is increasingly necessary. There are nutritional benefits in whey, due to the presence of proteins with attributes related to health, such as antimicrobial, antiviral and antioxidant properties. Milk and whey can undergo concentration processes in vacuum heat exchangers. In this context, there is the condensed milk mixture, a concentrated dairy product, in which whey is used as a partial replacement for milk and this mixture becomes a good option for using the whey, in addition to generating a final product at a lower cost. This product does not have technical regulation of identity and quality and, therefore, the objective of this work was to distinguish the physical-chemical composition, color and microbiological characteristics, evaluating the existing differences among the brands and the quality of the product. Samples of several different brands were acquired from the market, with 3 batches of each brand. The list of ingredients was evaluated and it was observed that in some brands, in addition to ingredients of dairy origin and sugar, there was the presence of thickeners, stabilizers and preservatives. Regarding the physical-chemical components, the fat and protein contents showed much lower amounts in relation to sweetened condensed milk due to the use of whey, however these fat and protein amounts did not show any significant differences among the different brands, demonstrating to be a trend within this market. Regarding the other evaluated solids, the percentage of dairy solids, non-fat dairy solids, sucrose, starch and lactose showed significant differences among the brands, demonstrating a certain variability in the composition of the products. Regarding viscosity, which is an important parameter in use in confectionery, the amount presented by the condensed milk mixture for some brands were even higher than the amount described on the labels for sweetened condensed milk, demonstrating potential cookery use similar to sweetened condensed milk. Regarding microbiological parameters, some brands had high numbers of microorganisms of interest to public health, such as *Staphylococcus aureus*, which corroborates the urgent need to establish specific legislation. So, it is expected this work to be seen as a basis to establish as soon as possible the standards required for the preparation of condensed milk mix, in order to guarantee a standard product, safe for consumers use.

KEYWORDS: Concentrated dairy products, whey, sweetened condensed milk, vacuum evaporator, condensed milk mixture.

1 INTRODUÇÃO

O leite e os produtos derivados lácteos estão presentes em várias fases da vida, servindo como fonte de nutrição e energia devido aos componentes como carboidratos, lactose, proteínas, gorduras, além de ser fonte de cálcio (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013).

Estes produtos são muito importantes do ponto de vista nutricional, com componentes essenciais e valiosos na alimentação de diversas culturas no mundo. O leite contém um grupo de proteínas que impede a precipitação do cálcio e, portanto, facilita a absorção desse componente pelo organismo. Este fenômeno determina o reconhecimento do leite e de seus derivados como a melhor fonte de cálcio na alimentação humana (WOZNIAK et al., 2012). Além disso, ele é fonte de proteína de alta qualidade e fornece contribuição significativa de cálcio, magnésio, selênio, riboflavina, vitamina B12 e ácido pantotênico (vitamina B5) (SIQUEIRA, K.B., ROCHA, D.T., DINIZ, F.H., CARVALHO, G.R., CHAVES, 2021).

Em relação aos derivados lácteos, o leite condensado é um dos principais produtos na categoria dos produtos concentrados e sua invenção foi feita por Gail Borden em 1856 nos Estados Unidos. O produto foi amplamente utilizado na Guerra Civil Americana pelos soldados devido seu valor calórico, se popularizando na Europa pouco tempo depois e, no Brasil, em 1890 (SIQUEIRA; OLIVEIRA, 2021).

Outro derivado lácteo de grande importância é o soro de leite (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013). Este tem em sua composição entre 4 g a 6 g de proteínas por litro. Essas proteínas são conhecidas por ter alta qualidade biológica e, além disso, possui presença de minerais e vitaminas sendo um produto de interesse para a indústria alimentícia (OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012). As proteínas do soro geram compostos que podem ser usados para fins terapêuticos, como antioxidantes e como anti-hipertensivos, pois liberam, por hidrólise, peptídeos bioativos que podem desencadear efeitos fisiológicos benéficos no corpo humano (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013). O soro de leite também apresenta propriedades tecnológicas de interesse à indústria como, por exemplo, na forma de pó promove intensificação de desenvolvimento de cor durante o cozimento de produtos cárneos embutidos, contribui para aumentar o volume de pães e bolos, em sobremesas lácteas e sorvetes melhora textura, promove a formação de espumas estáveis e o aumento da aeração do produto (OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012).

Apesar dos benefícios, diariamente são gerados grandes volumes de soro e, ainda, a indústria não consegue aproveitar toda essa quantidade gerada. Desta forma, este subproduto possui uma grande importância ambiental. Caso seja descartado diretamente em rios, ele vai reduzir o oxigênio dissolvido na água causando uma série de impactos negativos na vida aquática e no meio ambiente. A lactose, o principal componente sólido do soro, que representa 70-75% dos sólidos totais do soro, é responsável pelos altos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), sendo estes valores de 50 e 80 g.L⁻¹, respectivamente (PIRES et al., 2021).

Buscando alternativas de produtos, tanto para o aproveitamento de soro diretamente, quanto para obtenção de um produto com preço mais acessível uma vez que o soro é mais barato que o leite, foi desenvolvido no Brasil a mistura láctea condensada, que consiste no produto resultante da desidratação parcial de uma mistura de leite e soro de leite, com adição de açúcar e, geralmente, adicionado de estabilizantes e amidos modificados pois, uma vez que contém soro de leite, terá menor quantidade de sólidos e uma menor viscosidade. Este produto, por ter parte do leite substituído por soro, tem um menor custo de fabricação, visto que o preço do soro é menor que o preço do leite.

A mistura láctea condensada, apesar de já ser produzida por diversas indústrias de lácteos, não possui, ainda, regulamento técnico de identidade e qualidade específico e a caracterização do produto, avaliando seus aspectos físico-químicos e microbiológicos, poderá servir de referência bibliográfica para entendimento do perfil do produto no mercado brasileiro e futura elaboração de regulamento específico.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo geral realizar a caracterização de amostras do produto mistura láctea condensada fabricadas nas regiões de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina, quanto às propriedades físico-químicas, cor e qualidade microbiológica.

Os objetivos específicos foram:

- i) Determinar as propriedades físico-químicas, a cor e a qualidade microbiológica das diferentes marcas de produtos do mercado;

- ii) Avaliar diferenças de composição entre as marcas, visando verificar se há padronização dos parâmetros, uma vez que o produto não possui regulamento técnico de identidade e qualidade específico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEGISLAÇÃO DO LEITE

De acordo com a legislação, entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas (BRASIL, 2017). De acordo com a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 76, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2018, que aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de leite cru refrigerado, os padrões para esta matéria-prima devem estar de acordo com a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para leite cru refrigerado.

REQUISITO	PADRÃO
Teor de gordura	Mínimo 3,0 g/100 g
Teor de proteína total	Mínimo 2,9 g/100 g
Teor de lactose anidra	Mínimo 4,3 g/100 g
Sólidos não gordurosos	Mínimo 8,4 g/100 g
Sólidos totais	Mínimo 11,4 g/100 g
Acidez titulável	0,14 (quatorze centésimos) e 0,18 (dezoito centésimos) expressa em gramas de ácido láctico/100 mL
Estabilidade ao alizarol	Mínima de 72% v/v
Densidade relativa a 15°C/ 15°C (quinze graus Celsius)	Entre 1,028 (um inteiro e vinte e oito milésimos) e 1,034 (um inteiro e trinta e quatro milésimos)
Índice crioscópico	-0,530 °H (quinhentos e trinta milésimos de grau Hortvet negativos) e -0,555°H
Contagem Padrão em Placas	Máximo 300.000 UFC/mL
Contagem de Células Somáticas de no	Máximo 500.000 CS/mL (quinhentas mil células por mililitro)

Fonte: (BRASIL, 2018a).

2.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO LEITE

O leite é a secreção das glândulas mamárias das fêmeas dos mamíferos, cuja função natural é alimentar os recém-nascidos. A partir do ponto de vista físico-químico, o leite é uma mistura homogênea de vários componentes (lactose, glicerídeos, proteínas, sais, vitaminas e enzimas), algumas em emulsão (gorduras e substâncias

associadas), outras em suspensão (caseínas associadas com sais minerais) e outros em verdadeira dissolução (lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro do leite e sais) (GOULART, 2021). Em sua composição há presença de imunoglobulinas, enzimas e outros peptídeos bioativos. Os lipídios do leite são emulsificados em glóbulos revestidos por membranas. As proteínas estão em dispersões coloidais como micelas e essas micelas de caseína estão presentes como complexos coloidais de proteínas e sais, principalmente cálcio. A lactose e a maioria dos minerais estão em solução (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007).

O leite cru é composto por cerca de 87% de água, em média 3,5% de proteína, cerca de 5% de lactose, uma quantidade variável de gordura entre 3-4% e minerais (1,2%, principalmente cálcio e fósforo) (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005; WOZNIAK et al., 2012).

A lactose é o açúcar do leite, sendo um dissacarídeo composto por galactose e glicose. A lactose só é sintetizada nas vesículas de Golgi das células em lactação. Isso ocorre devido à presença de α -lactalbumina, uma proteína exclusiva do leite. A lactose pode ser separada do leite ou, na prática industrial, do soro de leite, através da cristalização. A lactose cristalina é produzida em grandes quantidades, sendo usada principalmente em alimentos e em produtos farmacêuticos; quase todas as pílulas contêm lactose como um material de enchimento. A lactose também é usada como matéria-prima para uma série de produtos químicos ou derivados enzimáticos, tais como lactitol, lactulose e oligossacarídeos (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005). Além disso, a lactose é um açúcar redutor e, dentre as reações que ocorrem durante o tratamento térmico, tem-se a caramelização e a Reação de *Maillard*, que estão até certo ponto relacionadas. Esta última ocorre na presença de grupos amino, especialmente o grupo ϵ -amino de resíduos de lisina em proteínas e de carboidratos redutores, como é o caso da lactose. Essas reações podem levar à formação de compostos de sabor e pigmentos marrons, desejáveis em alguns produtos lácteos como no caso do doce de leite, mas indesejável em outros como no leite condensado e no leite em pó (HUPPERTZ; GAZI, 2016).

O leite contém ainda o cálcio, que é essencial para a construção óssea, sendo assim um componente crítico da dieta ao longo da vida de um ser humano em todo o mundo. Além disso, contém componentes importantes para a prevenção de doenças como o ácido linoleico conjugado (CLA) (WOZNIAK et al., 2012). Em relação aos fatores nutricionais, uma adequada ingestão de cálcio se faz necessária para saúde

de ossos e dentes, além de atuar na prevenção de outras doenças como hipertensão, melhorar o controle de peso, reduzir o risco de câncer de cólon e de mama e até mesmo reduzir a formação de cálculos renais (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007).

Na gordura do leite, mais de 95% são compostas de triglicerídeos. Os demais componentes são fosfolipídios (cerca de 1%), colesterol (menos de 0,5%), ácidos graxos livres (menos de 0,5%), monoglicerídeos e diglicerídeos (cerca de 2% da fração lipídica) (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005).

Em média, 70% de gordura é composta por ácidos graxos saturados e 30% de ácidos graxos insaturados. Dentre os saturados, os que aparecem em maior proporção são os ácidos palmítico (30%), mirístico (11%) e esteárico (12%). Já na fração de ácidos graxos insaturados, o ácido oleico está presente em concentrações de 24% a 35%, enquanto dentre os poliinsaturados há presença dos ácidos linoleico e alfa-linolênico representando 1,6% e 0,7%, respectivamente. O ácido linoleico conjugado (CLA), derivado do ácido linoleico, tem sido relacionado com diversos benefícios à saúde como função imunológica, saúde cardiovascular e até mesmo propriedades anticancerígenas (PEREIRA, 2014).

O perfil vitamínico do leite inclui vitaminas lipossolúveis (A, D, E) e vitaminas hidrossolúveis (complexo B e vitamina C). O leite integral é geralmente considerado uma boa fonte de vitamina A, fornecendo cerca de 172 mg/100 g. Apesar de ser globalmente considerado uma boa fonte de vitamina D, o próprio leite não apresenta quantidades consideráveis desta vitamina, exceto quando fortificado (PEREIRA, 2014).

As proteínas do leite têm um alto valor biológico e, portanto, o leite é uma boa fonte de aminoácidos essenciais. Além disso, o leite contém uma ampla gama de proteínas com atividades biológicas que vão desde antimicrobianas até aquelas que facilitam a absorção de nutrientes, além de atuarem como fatores de crescimento, hormônios, enzimas, anticorpos e imunoestimulantes (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007). Na Tabela 2 estão apresentados valores percentuais da composição do leite de vaca.

Tabela 2: Composição do leite de vaca.

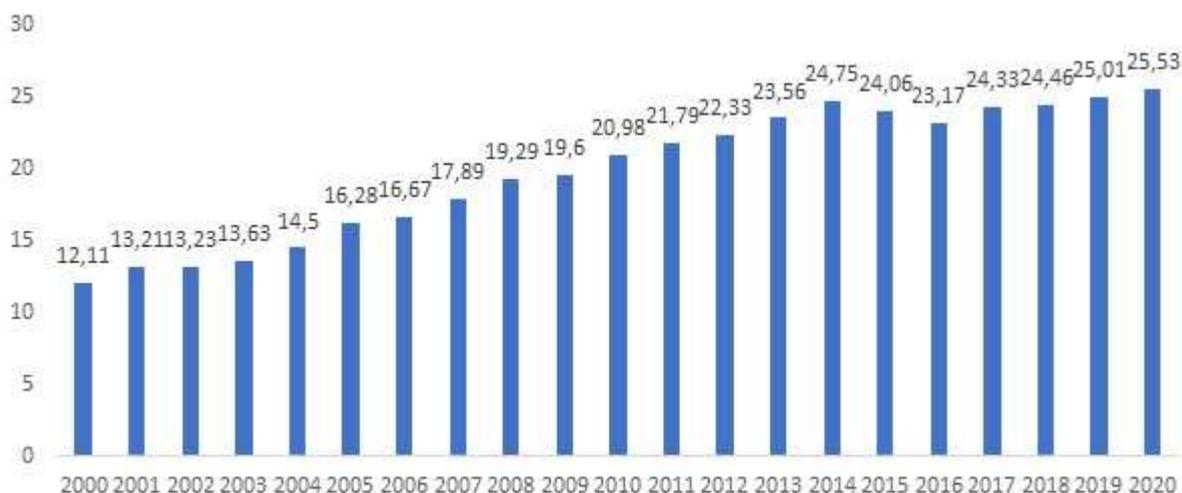
CONSTITUINTE	PERCENTUAL (%)	REFERÊNCIA
Água	86,00-87,30	(CHEN; GRANDISON; LEWIS, 2017; OSORIO; LOHAKARE; BIONAZ, 2016; PEREIRA, 2014)
Sólidos totais	12,00-14,00	(CHEN; GRANDISON; LEWIS, 2017; OSORIO; LOHAKARE; BIONAZ, 2016; PEREIRA, 2014)
Extrato seco desengordurado	8,70-9,00	(CHEN; GRANDISON; LEWIS, 2017; PEREIRA, 2014)
Gordura	3,00-4,00	(CHEN; GRANDISON; LEWIS, 2017; HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007; PEREIRA, 2014; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005)
Lactose	4,00-5,30	(CHEN; GRANDISON; LEWIS, 2017; HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007; PEREIRA, 2014; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005).
Proteína	3,00-3,26	(CHEN; GRANDISON; LEWIS, 2017; HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007; PEREIRA, 2014; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005).
Cálcio	0,10-0,12	(CHEN; GRANDISON; LEWIS, 2017; HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007; PEREIRA, 2014).

Fonte: a autora.

2.1.2 PRODUÇÃO DE LEITE

Além da importância nutricional, o leite apresenta uma grande importância econômica, sendo uma das *commodities* agropecuárias mais importantes do mundo, estando entre os 5 produtos mais comercializados, tanto em volume quanto em valor. Aproximadamente, 1 bilhão de pessoas no mundo depende do leite para sobreviver e 600 milhões de pessoas vivem em 133 milhões de fazendas leiteiras ao redor do mundo. Portanto, cerca de 10% da população mundial depende diretamente da produção leiteira (SIQUEIRA, K.B., ROCHA, D.T., DINIZ, F.H., CARVALHO, G.R., CHAVES, 2021). No Gráfico 01, estão apresentados os dados de produção brasileira de leite entre os anos de 2000 e 2020.

Gráfico 1: Volume da produção brasileira de leite sob inspeção de 2000 a 2020.



Fonte: ROCHA et al., (2022).

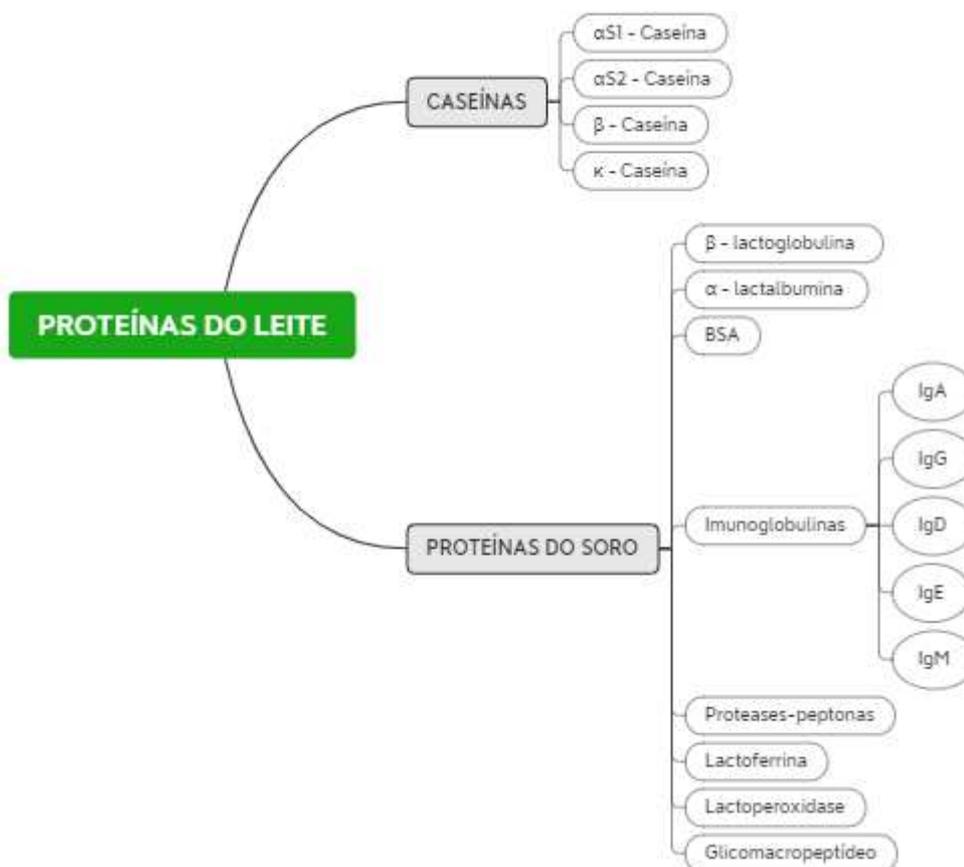
Os dados demonstram que a produção de leite no Brasil dobrou nos últimos 20 anos. Apenas em 2016 houve uma pequena queda de 24,06 bilhões de litros de leite para 23,17 bilhões de litros de leite. A partir de 2017 teve uma nova crescente, atingindo 25,01 bilhões de litros a partir de 2019.

2.1.3 PROTEÍNAS DO LEITE

O leite possui o sistema de proteínas compostos por dois principais tipos de proteínas: as caseínas (insolúveis) e as proteínas de soro de leite (solúveis) conforme esquematizado na Figura 1. As caseínas representam 80% (peso/peso) das proteínas do leite e, analiticamente, são precipitadas de leite desnatado via precipitação por adição de ácido ou por coagulação enzimática, sendo que ambos os métodos liberam soro de leite como subproduto (MADUREIRA et al., 2007).

As proteínas do soro são constituídas por um grupo de diversas proteínas quando comparadas com as caseínas. As proteínas do soro constituem 20% das proteínas do leite e são compostas predominantemente por β -lactoglobulina e α -lactalbumina e pequenas quantidades de outras proteínas como albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas (IgA, IgG, IgD, IgE e IgM), proteases-peptonas, lactoferrina, lactoperoxidase e glicomacropéptido (GMP) (CHATTERTON et al., 2006; WIJAYANTI; BANSAL; DEETH, 2014).

Figura 1: Composição do sistema de proteínas do leite



Fonte: A autora.

As proteínas possuem, além de seu valor biológico, propriedades funcionais distintas, que variam de acordo com as interações que a proteína faz com a água, que dependem da sua composição em aminoácidos, conferindo viscosidade, adesão, dispersibilidade, absorção e capacidade de retenção de água. Também apresentam propriedades de formar emulsão e espumas devido às suas propriedades interfaciais, ocasionadas pelas partes hidrofílicas e hidrofóbicas da molécula, que atuam reduzindo a tensão superficial, melhorando a interação entre água e óleo ou água e ar na interface da emulsão ou da espuma. Além disso, possuem propriedades de agregação e gelificação devido às interações proteína-proteína (ABD EL-SALAM; EL-SHIBINY; SALEM, 2009).

As caseínas são sintetizadas na glândula mamária e sua principal função biológica é prover veiculação de fosfato de cálcio para a prole, assim como aminoácidos e energia. Por definição, elas são aquelas proteínas precipitadas por acidificação do leite desnatado em pH 4,6 a 20 °C (CRUZ et al., 2016). Do ponto de

vista tecnológico do produto e da indústria de laticínios, as caseínas são de longe o componente mais importante e valioso do leite. Os principais produtos lácteos como leite líquido, queijo e iogurte derivam suas propriedades texturais, sensoriais e nutricionais das caseínas (KRUIF et al., 2012).

A caseína é uma fosfoproteína, com duas cisteínas formando pontes dissulfeto intermoleculares e estão organizadas em micelas com diâmetros que variam de 50 a 500 nm. Nas frações da caseína, tem-se seguintes frações proteicas α S – Caseína, β – Caseína e κ – Caseína, que transportam minerais e oligoelementos (cálcio, fósforo, ferroso, zinco e cobre), regulam o metabolismo e a atividade de enzimas antioxidantes (BIELECKA; CICHOSZ; CZECZOT, 2022; GAI et al., 2021; SIROËIĆ et al., 2016).

Do ponto de vista da estabilidade e propriedades da micela de caseína, a κ -caseína é seu componente mais importante. A α -Caseína é uma mistura de duas proteínas, α S1–Caseína e α S2–Caseína (FOX; BRODKORB, 2008). As caseínas são hidrofóbicas; elas têm uma carga bastante alta, prolinas e poucos resíduos de cisteína. Muitos grupos hidrofóbicos são expostos, de modo que as moléculas prontamente formam ligações hidrofóbicas. A carga relativamente alta é necessária para manter a caseína em solução. A alta carga de caseína é parcialmente causada pelos grupos fosfato (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005). A composição das frações das caseínas está descrita na Tabela 3.

Tabela 3: Composição das frações das caseínas.

CONSTITUINTE	PERCENTUAL (%)	REFERÊNCIA
α S1-Caseína	1,04-1,50	(CRUZ et al., 2016; ROBERT, 2007; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005)
α S2-Caseína	0,21-0,40	(CRUZ et al., 2016; ROBERT, 2007; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005)
β -Caseína	0,86-0,98	(CRUZ et al., 2016; PEREIRA, 2014; ROBERT, 2007; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005)
κ -Caseína	0,20-0,40	(CRUZ et al., 2016; PEREIRA, 2014; ROBERT, 2007; WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005)

Fonte: a autora.

As proteínas do leite são hidrolisadas por enzimas endógenas do leite, enzimas microbianas, enzimas de cultura *starter*, enzimas aplicadas na hidrólise e na produção de queijo coalho, bem como enzimas digestivas no trato gastrointestinal que formam

peptídeos bioativos com uma ampla gama de propriedades promotoras da saúde. As frações de caseína são os precursores de muitos biopeptídeos, incluindo peptídeos antioxidantes (BIELECKA; CICHOSZ; CZECZOT, 2022).

Em relação aos peptídeos bioativos, alguns identificados provenientes das proteínas do leite são a caseinomorfina da β -caseína, que possuem propriedades opioides, e tem potencial de induzir o sono. Outros peptídeos podem inibir a enzima conversora de angiotensina, com potencial de reduzir a pressão arterial (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005).

2.2 LEGISLAÇÃO DE SORO DE LEITE

De acordo com a Instrução Normativa Nº 94, DE 18 DE SETEMBRO DE 2020, que aprova o regulamento técnico que fixa os Padrões de Identidade e Qualidade para o soro de leite e o soro de leite ácido, soro de leite é o produto lácteo líquido extraído da coagulação do leite utilizado no processo de fabricação de queijos, caseína alimentar e produtos similares. Opcionalmente, o soro pode ser submetido ao processo de desnate e pode ser classificado em soro de leite, quando a coagulação se produz principalmente por ação enzimática, devendo apresentar pH entre 6,0 a 6,8, ou soro de leite ácido, quando a coagulação se produz principalmente por acidificação, devendo apresentar pH inferior a 6,0.

Os parâmetros físico-químicos do soro, conforme a Portaria Nº 386, DE 25 DE AGOSTO DE 2021, que altera o anexo do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do soro de leite, aprovado pela Instrução Normativa SDA nº 94, de 18 de setembro de 2020, para os padrões de acidez dos produtos, devem estar de acordo com o descrito na Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros físico-químicos para soro de leite líquido.

REQUISITOS	SORO DE LEITE	SORO DE LEITE ÁCIDO
pH	6,0 a 6,8	Inferior a 6,0
Sólidos totais (g/100mL)	Mínimo 5,0 ¹	Mínimo 5

1- ¹- Mínimo de 4,5, para soros obtidos de queijo de massa lavada.

Fonte: (BRASIL, 2020).

2.2.1 BENEFÍCIOS, PRODUÇÃO DE SORO E APROVEITAMENTO DO SORO

As características e o valor nutricional do soro já são conhecidas, principalmente o valor nutricional das proteínas, inclusive com novas descobertas

relacionadas aos atributos de saúde como propriedades antimicrobianas, antivirais e antioxidantes (MACWAN et al., 2016). Ao se avaliar os benefícios nutracêuticos, tem-se a redução do risco de aterosclerose, obesidade, diabetes, câncer, doença de Alzheimer e HIV, além de apresentar características prebióticas promovendo o crescimento da microbiota intestinal benéfica e contribuir para reforço da imunidade (PANGHAL et al., 2018).

Na produção de 1 kg de queijo tem-se uma produção média de 9 litros de soro. Este contém mais da metade dos sólidos presentes no leite original, incluindo grande parte da lactose, proteínas do soro (20% das proteínas totais), sais minerais e vitaminas solúveis (ATRA et al., 2005; CRUZ et al., 2016; PIRES et al., 2021; ROCHA-MENDOZA et al., 2021).

A produção mundial de soro de leite gira em torno de 180 milhões de toneladas. Deste valor, pode-se considerar que são obtidas a partir do soro em torno de 1,5 milhões de toneladas de proteínas de alto valor e 8,6 milhões de toneladas de lactose (MACWAN et al., 2016). Além disso, anualmente, há um crescimento entre 1 a 2% na produção de soro, devido ao crescente lançamento de novos derivados lácteos e apenas metade deste volume é utilizado em outros produtos ou processos. Considerando estes valores, pode-se perceber que há perda expressiva de compostos derivados do leite que não são utilizados causando grandes impactos ambientais e gerando um desperdício de alimentos com valor biológico importantes (BRIÃO; TAVARES, 2007; PANGHAL et al., 2018). Em relação ao tratamento de efluentes provenientes de laticínios, convencionalmente envolve tratamento primário para remoção de sólidos, óleos e gorduras que estejam na composição do efluente, seguido por um tratamento secundário que irá promover a remoção de matéria orgânica e ainda há casos que tem um tratamento terciário chamado de polimento (FRAGA et al., 2016).

Visando buscar alternativas para utilização de soro de leite, várias tecnologias permitiram o aproveitamento do soro de leite gerado, que agora é transformado em diversos produtos, tais como suplementos proteicos com as proteínas do soro (*whey protein*), proteínas do soro utilizadas como aditivos para a indústria de alimentos, vários derivados lácteos adicionados de soro como bebidas lácteas, ricota, sobremesas lácteas, doces de soro de leite, fórmulas infantis, compostos lácteos, permeado de soro e concentrado proteico de soro. O processamento e transformação do soro pode ser feito por tratamento térmico e ultrafiltração visando obter soro em

pó, proteína de soro concentrada, isolados de proteína de soro de leite, permeado de soro de leite, lactose e, também, por processos biotecnológicos, em que o soro de leite vai ser usado como substrato para outros processos enzimáticos ou microbianos (KOSSEVA et al., 2009; YADAV et al., 2015).

Estes produtos podem ser vendidos para outras empresas que irão usá-los como ingredientes ou substratos em processos biotecnológicos (GANJU; GOGATE, 2017; MOLLEA; MARMO; BOSCO, 2013).

O soro e o permeado do soro podem ser biotransformados em substratos proteicos para uso em processos de fermentação. Eles podem, ainda, ser processados para obtenção de concentrados proteicos para venda direta ao consumidor ou uso em produtos diversos como bebidas, podendo também ser transformados em peptídeos bioativos por meio de processos enzimáticos ou de fermentação (WEN-QIONG et al., 2017; YADAV et al., 2015).

2.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO

Em relação às características físicas, o soro apresenta uma coloração tipicamente de esverdeado a amarelado, podendo ter alterações nestas colorações conforme o leite utilizado, como por exemplo os leites de cabra, ovelha e camelo, muito utilizados em outras regiões para produção de queijos e que podem gerar soros de diferentes colorações (YADAV et al., 2015). A cor verde-amarela também é devido à riboflavina presente (PIRES et al., 2021).

O soro de leite retém cerca de 45-55% dos sólidos do leite compreendendo proteínas séricas, lactose, minerais e vitaminas. Os maiores constituintes são a lactose (70%-72%), minerais (12-15%) e proteínas (12-15%) além de uma série de vitaminas solúveis em água presentes no leite (KOSSEVA et al., 2009).

As vitaminas que são solúveis em água, na fabricação do queijo migram para o soro, porém em proporção bastante variável. Por exemplo, a vitamina B6 e o ácido pantotênico migram para o soro entre 55 e 75%; a vitamina B12 entre 80 e 90%; a tiamina, o ácido nicotínico, o ácido fólico e o ácido ascórbico são incorporados ao soro com valores 80-90% e 70-80 % da riboflavina e da biotina presentes no leite passam para o soro. Em relação à vitamina B12, a maior migração ocorre em coagulação enzimática quando comparados com a coagulação ácida (MACWAN et al., 2016; PANGHAL et al., 2018).

A espécie de leite utilizado na fabricação do queijo também influencia na composição do soro gerado. Os queijos de diferentes espécies além do leite de vaca, como cabra, ovelha e búfala, apresentarão composição diferentes. Por exemplo, o soro oriundo de queijo produzido com leite de vaca contém no extrato seco total 70-80% de lactose, 9% de proteínas, 8-20% de minerais e outros componentes menores, como alguns peptídeos hidrolisados de k-caseína e lipídios. Já o soro de ovelha contém o dobro de proteínas solúveis em relação ao soro de queijo com leite de vaca. Outros pontos que podem afetar a composição do soro gerado é a alimentação do animal que irá gerar o leite, o método de processamento utilizado, a época do ano e o estágio da lactação (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013; GANJU; GOGATE, 2017).

Em relação ao valor de acidez e de pH, o tipo de coagulação utilizada irá gerar variações nos parâmetros. O tipo de soro mais frequentemente encontrado origina-se da fabricação de queijo ou produtos de caseína em que a fabricação é com base na coagulação da caseína por coalho, que é o processo que utiliza a quimosina ou outras enzimas para coagular a caseína (MACWAN et al., 2016; YADAV et al., 2015). O processo de coagulação das caseínas por coalho na fabricação de queijos ocorre com pH em torno de 6,5 e, por isso, este soro é denominado de soro doce, provenientes de queijos tipo coalho, como cheddar. Já o soro de leite ácido acontece devido a processos de coagulação por adição de ácidos orgânicos (pH inferior a 5) ou por processos de fermentação (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013) em queijos frescos como ricota, queijo cottage/paneer ou chhana e iogurtes (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013; GANJU; GOGATE, 2017; MACWAN et al., 2016). Logo, o soro gerado por processos de coagulação enzimática é de baixa acidez e o soro de queijos frescos são de acidez alta (MACWAN et al., 2016). Em relação à composição, o que vai diferenciar basicamente o soro doce do soro ácido é o conteúdo mineral e a composição da fração proteica, sendo o soro doce com maior quantidade de proteínas. O soro ácido, devido à própria acidez e ao menor teor proteico é menos aproveitado pela indústria (KOSSEVA et al., 2009). A obtenção dos diferentes tipos de soro de queijo é dada conforme descrito na Figura 2.

Figura 2: Esquema da obtenção dos diferentes tipos de soro de queijo.



Fonte: A autora.

As características de acidez e pH dos diferentes tipos de soro estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Valores de acidez e de pH do soro doce e soro ácido.

PARÂMETRO FÍSICO-QUÍMICO	SORO DOCE	SORO ÁCIDO	REFERÊNCIA
Acidez (%)	0,10-0,20	0,28-0,61	(MACWAN et al., 2016; MORR; HA, 1993; ROCHA-MENDOZA et al., 2021)
pH	5,80-6,60	4,00-5,00	(GANJU; GOGATE, 2017; MACWAN et al., 2016; MORR; HA, 1993)

Fonte: A autora.

A composição dos soros de leite doce e do soro ácido estão elucidadas na Tabela 6. Em relação à composição centesimal, o soro de leite ácido apresenta uma maior quantidade de cinzas e menor quantidade de proteínas do que soro de leite doce, uma vez que a coagulação ácida acontece em valores de ponto isoelétrico da caseína (pH 4,6) e, por isso, mais proteínas são precipitadas ficando com menor residual no soro ácido.

Tabela 6: Composição do soro de leite doce e do soro ácido a partir de leite de vaca

CONSTITUINTES	SORO DOCE (%)	SORO ÁCIDO (%)	REFERÊNCIA
Sólidos totais	5,00-7,00	5,00-7,00	(GAJENDRAGADKAR; GOGATE, 2016; GANJU; GOGATE, 2017; MACWAN et al., 2016)
Lactose	4,50-5,20	3,80-5,10	(GANJU; GOGATE, 2017; MACWAN et al., 2016; YADAV et al., 2015)
Proteínas	0,60-1,00	0,10-0,80	(KOSSEVA et al., 2009; MACWAN et al., 2016)
Gordura	0,30-0,50	0,04-0,10	(MACWAN et al., 2016; YADAV et al., 2015)
Lactato	0,20	0,64	(GAJENDRAGADKAR; GOGATE, 2016; YADAV et al., 2015)
Cinzas	0,50-0,60	0,70-0,80	(MACWAN et al., 2016; YADAV et al., 2015)
Cálcio	0,04 - 0-06	0,12 - 0,16	(GAJENDRAGADKAR; GOGATE, 2016; MACWAN et al., 2016; YADAV et al., 2015)
Fosfato	0,10 - 0-30	0,20 - 0,45	(GAJENDRAGADKAR; GOGATE, 2016; YADAV et al., 2015)
Cloreto	0,11	0,11	(KOSSEVA et al., 2009; YADAV et al., 2015)

Fonte: A autora.

O soro ácido também apresenta altas concentrações de cálcio. O ácido utilizado na coagulação ácida aumenta a acidez, abaixando o pH até próximo ao ponto isoelétrico das caseínas (pH final de aproximadamente 4,5), o que vai causar a precipitação dessas proteínas. Nestes valores de pH baixo, o cálcio coloidal das micelas de caseína será solubilizado e irá em grande parte para o soro de leite, tendo valores de cálcio até duas vezes maiores no soro ácido em comparação com o soro doce. Em relação ao teor de lactose, o soro doce tem maior teor comparado ao soro ácido, pois nos processos de fermentação parte da lactose é convertida em ácido láctico durante a coagulação (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013; MACWAN et al., 2016).

2.2.3 PROTEÍNAS DO SORO

As proteínas do soro são muito conhecidas por sua qualidade nutricional, inclusive sendo muito consumidas por esportistas. Também são procuradas por

demais consumidores que buscam consumir maiores quantidades de proteínas, obtendo-as através de diversos produtos, como bebidas lácteas proteicas (CARTER; FOEGEDING; DRAKE, 2020). Atualmente também são estudados os benefícios do uso de proteínas do soro, *Whey protein*, para idosos no tratamento de sarcopenia. A sarcopenia é uma alteração do músculo esquelético ocasionando perda de força e de massa muscular. É considerada um fator importante de risco uma vez que aumenta risco de quedas, fraturas, má qualidade de vida e conseqüentemente maior risco de mortalidade (LIAO et al., 2019). Segundo GILMARTIN; O'BRIEN; GIBLIN (2020) o uso de suplementação com *whey protein* na quantidade de 35 g por dia provavelmente melhora os biomarcadores sarcopênicos em indivíduos frágeis ou com sarcopenia.

Ainda, tem aumentado as pesquisas sobre a proteína do soro por causa do seu valor biológico sendo considerados um dos mais altos quando comparados a outras proteínas, fornecendo um grande número de aminoácidos essenciais (WIJAYANTI; BANSAL; DEETH, 2014), como isoleucina, lisina, fenilalanina, metionina, treonina, leucina, histidina, triptofano e valina (PANGHAL et al., 2018). Seu valor biológico é considerado mais importante que o valor biológico de caseína e do que as proteínas de soja, da carne e do trigo (MACWAN et al., 2016). A composição das frações das proteínas do soro está descrita na Tabela 7.

Tabela 7: Composição das frações das proteínas do soro em gramas por litro de soro.

CONSTITUINTES	QUANTIDADE (g/L)	REFERÊNCIA
β - lactoglobulina	1,30-6,60	(MADUREIRA et al., 2007; PIRES et al., 2021; WIJAYANTI; BANSAL; DEETH, 2014; WIT, 1998; YADAV et al., 2015; ZYDNEY, 1998)
α -lactalbumina	1,20-2,00	(PIRES et al., 2021; WIJAYANTI; BANSAL; DEETH, 2014; YADAV et al., 2015)
BSA	0,40-0,70	(MADUREIRA et al., 2007; PIRES et al., 2021; WIJAYANTI; BANSAL; DEETH, 2014; YADAV et al., 2015)
Imunoglobulinas	0,65-1,30	(MORR; HA, 1993; PIRES et al., 2021; WIJAYANTI; BANSAL; DEETH, 2014; YADAV et al., 2015; ZYDNEY, 1998)
Lactoferrina	0,10-0,70	(DE WIT, 1990; PIRES et al., 2021; YADAV et al., 2015)
GMP	1,20	(MADUREIRA et al., 2007; YADAV et al., 2015)
Protease-peptona	0,10	(WIT, 1998)
Lactoperoxidase	0,05-0,10	(MADUREIRA et al., 2007; PIRES et al., 2021; YADAV et al., 2015; ZYDNEY, 1998)

Fonte: A autora.

Algumas das aplicações das proteínas do soro de leite são como substitutos de gordura em sorvetes, adição em bebidas proteicas, uso de *Whey protein* na fabricação de iogurte para aumentar os teores de sólidos e proteína no produto final, além de aumentar a viscosidade, estrutura e reduzir a sinérese (WHERRY; BARBANO; DRAKE, 2019). A seguir, serão detalhadas as características das proteínas de soro.

2.2.3.1 Beta-Lactoglobulina (β -lg)

A beta-lactoglobulina é uma proteína pequena, solúvel, globular e representa 10% das proteínas totais do leite, sendo a principal proteína de soro de leite bovino, que contém aproximadamente 50% desta proteína. Ela também é predominante no soro de outras espécies como ovinos, caprinos, bubalinos e não está presente no leite humano (CHATTERTON et al., 2006; CRUZ et al., 2016). Esta proteína possui massa molecular de aproximadamente de 18,4 kDa, 162 aminoácidos e é rica em aminoácidos sulfurados (CRUZ et al., 2016; LE MAUX et al., 2012). A β -lg é utilizada em alimentos onde são demandadas propriedades de hidratação e de textura pois estas proteínas possuem capacidade de gelificação que podem ser controladas e ajustadas por meio de pH e temperatura. Essa proteína apresenta também propriedades de formação de espuma, com estabilidade ao calor semelhante à clara de ovo, até mesmo em presença de açúcar, podendo ser usada como substituta dos ovos em merengues e produtos similares (MADUREIRA et al., 2007; SIMÕES et al., 2020). A β -lg possui alta solubilidade em ampla faixa de pH e, devido à presença de vários aminoácidos essenciais, é muito utilizada para enriquecimento de bebidas esportivas e sucos (CHATTERTON et al., 2006). Uma característica muito importante é que a beta-lactoglobulina tem capacidade de se ligar aos ácidos graxos livres estimulando a síntese de glutathione, que é um composto gerado no fígado, com conhecida capacidade antioxidante e propriedades anticarcinogênicas (WIT, 1998).

2.2.3.2 Alfa-lactalbumina (α -La)

A alfa-lactoalbumina apresenta-se como uma proteína globular e é a segunda em maior quantidade no soro, representando 2% das proteínas do leite e entre 13 e 20% das proteínas do soro. É uma das proteínas globulares encontradas em leite bovino, humano (é a principal proteína do leite humano), ovelha, cabra e búfala (CRUZ et al., 2016; KAMAU et al., 2010). A α -La bovina apresenta-se como uma

metaloproteína com capacidade de ligação ao Ca^{2+} em um local específico da molécula onde ficam localizados quatro resíduos de ácido aspártico e um de lisina (CRUZ et al., 2016) e possui uma cadeia única composta de 123 aminoácidos incluindo os aminoácidos essenciais triptofano, lisina e cisteína e possui cadeia ramificada (KAMAU et al., 2010; MADUREIRA et al., 2007). A alfa-lactoalbumina possui uma massa molecular correspondente a 14.070 kDa em leite de humanos (KAMAU et al., 2010) e 14.175 kDa no leite bovino (MADUREIRA et al., 2007). É uma proteína muito solúvel em água e em soluções de cloreto de sódio, possuindo ponto isoelétrico com valores entre 4,2 a 4,6 e é, em parte, estável ao calor quando ligada a moléculas de cálcio (KAMAU et al., 2010). A α -LA possui um papel de atuar como coenzima para a biossíntese de lactose que é uma importante fonte de energia para a prole (MADUREIRA et al., 2007). Esta proteína tem sido muito utilizada em fórmulas infantis, pois promove a saúde intestinal e aumenta a absorção de nutrientes como ferro e zinco. Também tem sido relatado que a proteólise da α -LA libera peptídeos bioativos com propriedades antibacterianas, prebióticas e promove o aumento da proteína no músculo esquelético (ROCHA-MENDOZA et al., 2021).

2.2.3.3 Imunoglobulinas

As imunoglobulinas são compostas das classes IgA, IgG (com subclasses IgG1 e IgG2), IgD, IgE e IgM. São proteínas globulares que tem uma função imunológica primordial na proteção da mucosa intestinal contra patógenos devido à atividade antimicrobiana e por ter função de anticorpos que são liberados no sangue e na linfa. Elas estão presentes no soro sanguíneo, leite e colostro. São transferidas à prole principalmente via colostro e promovem proteção ao recém-nascido até o desenvolvimento de seu sistema imunológico. As imunoglobulinas são monômeros ou polímeros constituídos por quatro cadeias polipeptídicas, compostas por duas cadeias com peso molecular de 25.000 kDa e duas com peso molecular de 50.000 – 70.000 kDa (CRUZ et al., 2016; MADUREIRA et al., 2007). Elas são utilizadas largamente em fórmulas infantis e de outros alimentos como suplementação (CRUZ et al., 2016).

2.2.3.4 Lactoferrina

A lactoferrina é uma glicoproteína quelante de ferro em ampla faixa de pH, com peso molecular de 80.000 kDa e 700 aminoácidos. É uma molécula que está

associada à defesa do organismo contra vários tipos de patógenos, encontrada em vários fluidos corporais como no leite, colostro, saliva, lágrimas, secreções nasais, secreções intestinais e pâncreas (MADUREIRA et al., 2007; SINGH et al., 2021). Representa 1-2 % das proteínas do soro e possui propriedades antibacterianas (ROCHA-MENDOZA et al., 2021).

2.2.3.5 Lactoperoxidase

O sistema lactoperoxidase é constituído de três componentes, sendo a glicoproteína lactoperoxidase, tiocianato, peróxido de hidrogênio e o sistema é ativado na presença destes três componentes (SEIFU; BUYS; DONKIN, 2005). A lactoperoxidase é uma enzima que vai catalisar a oxidação do tiocianato em presença de água oxigenada e vai gerar compostos intermediários com propriedades antimicrobianas que vai promover proteção do trato gastrointestinal. Esta enzima é encontrada no leite, saliva e lágrimas dos mamíferos (MADUREIRA et al., 2007; SEIFU; BUYS; DONKIN, 2005). É composta de uma cadeia de 612 aminoácidos com peso molecular de 78 kDa, sendo muito conhecida por serem estáveis ao calor no leite sendo, por isso, utilizada como parâmetro de monitoramento de eficiência de pasteurização do leite (SEIFU; BUYS; DONKIN, 2005).

2.2.3.6 Albumina do soro bovino (BSA)

A albumina do soro bovino não é sintetizada na glândula mamária e está presente no sangue devido ao transporte passivo da corrente sanguínea para o leite. A molécula contém 582 aminoácidos com peso molecular de 66.267 kDa e possui 17 pontes dissulfeto intermoleculares. Devido ao tamanho de sua estrutura, podem se unir a compostos como ácidos graxos, cálcio, microminerais e fazer o transporte passivo destas substâncias (MADUREIRA et al., 2007).

2.2.3.7 Glicomacropéptido

O glicomacropéptido é um polipeptídeo de peso molecular de 6.755 Da, contendo 64 aminoácidos (SHAMMET; BROWN; MCMAHON, 1992). A coagulação enzimática por coalho é muito específica e cliva a ligação peptídica entre o aminoácido 105 – fenilalanina e 106 – metionina, levando à formação da para-k-caseína, que

corresponde à fração hidrofóbica e a formação do glicomacropeptídeo (GMP). O GMP corresponde à fração hidrofílica da proteína e, por isso, se liga ao soro de leite que fica na parte aquosa e a para-k-caseína se liga ao cálcio formado o para-caseinato de cálcio que formará o coágulo do queijo (CRUZ et al., 2016; FURLANETTI; PRATA, 2003). Por ser o local da clivagem da caseína na coagulação enzimática, está presente em aproximadamente 20% da fração de proteína de soro de leite doce à base de coalho mas não está presente no soro de leite ácido (MACWAN et al., 2016).

2.2.3.8 Protease-peptona

As moléculas de composição da protease-peptona são consideradas fragmentos de β -caseína. Contêm pequenas quantidades de resíduos de aminoácidos de enxofre e aromáticos, sendo muito estáveis ao calor e ao ácido e correspondem a 10% das proteínas do soro (MORR; HA, 1993).

2.3 PRODUTOS LÁCTEOS CONCENTRADOS

O leite e o soro de leite podem sofrer processos de concentração, com remoção de água, conseqüentemente diminuindo seu volume, reduzindo custos com armazenagem e transporte, além de facilitar a manutenção da qualidade (Y. H. HUI, 1992). O processo de concentração é utilizado de diversas formas, podendo ser usado diretamente como produto acabado como, por exemplo, o leite condensado ou o leite evaporado, e também ser utilizado como produtos intermediários para outros processos como cristalização, precipitação, coagulação ou secagem (SILVEIRA et al., 2015). Outras vantagens dos produtos concentrados são o uso como ingredientes em outros produtos e o uso em épocas de necessidades quando o leite fresco não estiver disponível (Y. H. HUI, 1992).

Por definição, os leites concentrados e leites desidratados são os produtos lácteos resultantes da desidratação parcial ou total do leite por meio de processos tecnológicos específicos e consideram-se produtos lácteos concentrados o leite concentrado, o leite evaporado, o leite condensado e outros produtos que atendam a essa descrição (BRASIL, 2017).

O leite condensado é o produto resultante da desidratação parcial do leite, leite concentrado ou leite reconstituído, com adição de açúcar, podendo ter seus teores de gordura e proteína ajustados unicamente para o atendimento das características do

produto. Os parâmetros físico-químicos conforme IN 47/2018 e Codex *Alimentarius* CXS 282-1971 e microbiológicos conforme IN 47/2018 para leite condensado estão descritos abaixo na Tabela 8.

Tabela 8: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para leite condensado

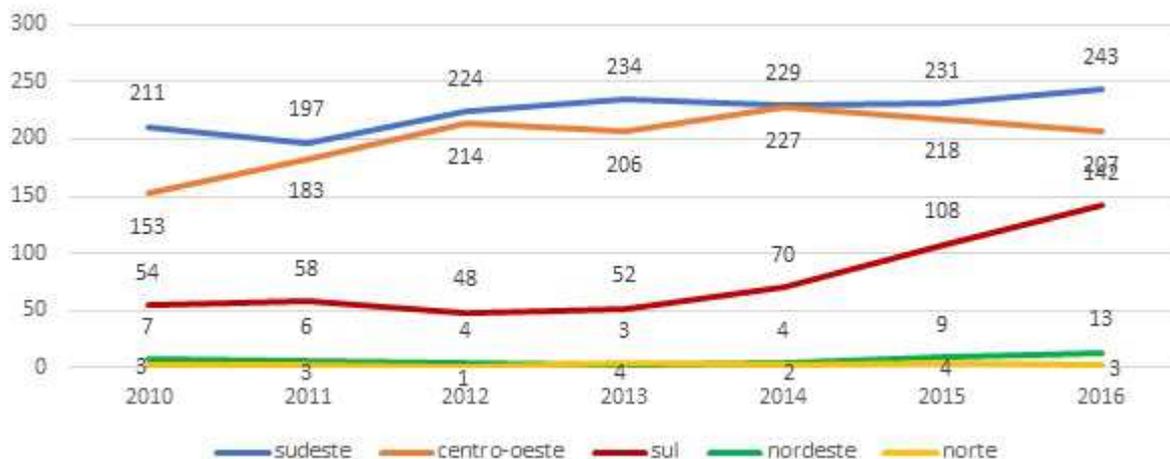
REQUISITOS	LEITE CONDENSADO INTEGRAL	LEITE CONDENSADO SEMIDESNATADO	LEITE CONDENSADO DESNATADO
Gordura	Mínimo de 8,0 g/100 g	Superior a 1,0 g/100 g e inferior a 8,0 g/100 g	Máximo 1,0 g/100 g
Proteína nos sólidos lácteos não gordurosos	Mínimo de 34,0 g/100 g	Mínimo de 34,0 g/100 g	Mínimo de 34,0 g/100 g
Sólidos lácteos totais	Mínimo de 28,0 g/100 g	Mínimo de 20,0 g/100 g	Mínimo de 24,0 g/100 g
Sólidos lácteos não gordurosos	-	Mínimo 24,0 g/100 g	-
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	N=5; c=2; m=10; M=10 ²	N=5; c=2; m=10; M=10 ²	N=5; c=2; m=10; M=10 ²
Contagem de Bolores e Leveduras (UFC/g)	N=5; c=2; m=10; M=10 ²	N=5; c=2; m=10; M=10 ²	N=5; c=2; m=10; M=10 ²

Fonte: (BRASIL, 2018b; CODEX ALIMENTARIUS, 2018)

Admite-se a substituição parcial do teor de sacarose por outros monossacarídeos ou dissacarídeos ou ambos. O leite condensado pode apresentar os seguintes ingredientes opcionais lácteos: creme de leite; gordura anidra de leite; lactose; leite em pó; manteiga. Admite-se a utilização de concentrado proteico de leite e permeado de leite, para o ajuste do teor de proteínas do produto. No Brasil, não se admite o uso de gordura ou óleo vegetal, maltodextrina e amidos, modificados ou não (BRASIL, 2018b).

Como resultado desta concentração e da adição de açúcar, se produzirá um produto com alta concentração de solutos, tanto pelo fator de concentração quanto pelo teor de sacarose adicionado, o que irá inibir o crescimento dos microrganismos devido à redução na atividade de água. Também, serão inativadas no processo de concentração, devido ao uso do calor, enzimas como as lipases e as proteases (Y. H. HUI, 1992). O Gráfico 2 demonstra os dados da produção de leite condensado por região brasileira.

Gráfico 2: Volume de produção brasileira de leite condensado por região entre os anos de 2010 e 2016.



Fonte: ZACARCHENCO et al., (2017).

Em 2016, a produção nacional de leite condensado foi de 608 milhões de toneladas. No período de 2010 a 2016, houve um crescimento na produção de 29,6%, com aumento de 6,9% a mais em relação ao ano anterior. A região sudeste produziu 40,0% da produção total em 2016, seguida pela região Centro-Oeste, com 34,0%, e Sul, com 23,4%. Dentro da região Sudeste, o estado de Minas Gerais é o maior produtor, com 178,8 mil toneladas (29,4%) produzidas em 2016 (ZACARCHENCO et al., 2017).

Entre 2017 e 2018, o consumo nos domicílios brasileiros de leite condensado correspondeu a 2% do consumo domiciliar de lácteos e, em 2019, este produto foi consumido em 90% dos lares do país. Na categoria dos derivados lácteos, apenas o leite UHT e o creme de leite aparecem com maior consumo que o leite condensado (SIQUEIRA; OLIVEIRA, 2021).

Em 2018, estima-se que foram produzidos cerca de 4,1 milhões de toneladas de leite condensado no mundo, e o Brasil foi o segundo maior produtor mundial deste produto (INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, 2019).

A mistura láctea condensada se enquadra nesta categoria de produtos lácteos concentrados, pois é o produto obtido da desidratação parcial da mistura de leite e soro com adição de açúcar, geralmente sendo utilizados alguns ingredientes como amido modificado e proteína láctea concentrada para conferir aumento de viscosidade para compensar o menor teor de sólidos totais pela substituição parcial do leite pelo soro.

Em relação a etapa de seleção da matéria-prima, a qualidade e padronização é importante na produção de leite condensado e, conseqüentemente, na produção da mistura láctea condensada. Dentre os atributos de qualidade a serem considerados na produção de leite condensado estão: a estabilidade térmica do leite, indicada pelo alizarol e, indiretamente, pela acidez, devido ao tratamento térmico alto que o produto será submetido; o teor de gordura, proteínas e sólidos totais, pois a partir destes valores serão feitos os cálculos para padronização necessários à tecnologia de fabricação e ao rendimento final do produto (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Com a remoção de água do produto na evaporação, há remoção também neste processo de substâncias voláteis e gases dissolvidos. Esta evaporação é feita a vácuo, com pressão reduzida e, conseqüentemente, temperatura reduzida (Y. H. HUI, 1992).

A evaporação a vácuo consiste na retirada de água por meio do fornecimento de energia na forma de calor sob uma pressão inferior à pressão atmosférica, principalmente para permitir a ebulição da água a uma temperatura mais baixa e, assim, evitar danos devido do aquecimento (CRUZ et al., 2016).

Nestes processos de evaporadores a vácuo, são utilizados evaporadores de filme descendente, compostos por um arranjo de casco e tubos verticais (calandra), em que o líquido cai como uma fina película de líquido na superfície interna dos tubos, enquanto o vapor circula no lado externo dos cascos, fornecendo a energia para evaporação da água. Neste formato, haverá coeficientes de transferências de calor mais altos devido a grandes áreas de transferências, desta forma com menor tempo de residência em relação a outros modelos de evaporadores, se tornando ideais para produtos sensíveis ao calor. Além disso, o vácuo permite trabalhar com temperaturas menores, entre 45 °C e 75 °C, o que também ajuda a preservar esses produtos (MAURÍCIO et al., 2021; SILVEIRA et al., 2015). A Figura 3 mostra o esquema interno da calandra.

Figura 3: Esquema Calandra de evaporador a vácuo



Fonte: WESTERGAARD (2010).

Os evaporadores a vácuo que são utilizados na fabricação de produtos lácteos concentrados, como o leite condensado, e utilizam como matéria-prima o leite ou o leite açucarado. Os componentes da linha de produção dos evaporadores a vácuo visam, primeiramente, promover o tratamento térmico do leite ou do leite açucarado. Em seguida, eles irão promover a concentração até que as características previamente definidas em relação aos sólidos totais ou densidades sejam atingidas. Após a concentração, é feito o resfriamento rápido do produto, com adição de lactose micronizada em pó, seguindo para a etapa de cristalização e depois o envase (CRUZ et al., 2016; RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Segundo RENHE et.al (2011), a linha de fabricação de leite condensado vai possuir, geralmente, os seguintes componentes abaixo:

- UTT - Unidade trocadora de energia na forma de calor: é composto por um trocador tubular, a placas ou por injeção direta de vapor, no qual a intensidade do tratamento térmico e o tempo de retenção podem ser programados conforme as características específicas no leite condensado, como cor ou viscosidade.
- EF - Evaporador ou concentrador: tubulares de película descendentes, com múltiplos efeitos e com presença de termocompressores.
- F - Finalizador ou *finisher*: tem a função de regular o teor de sólidos ou a densidade do produto ao final da concentração.
- FC - Sistema de resfriamento do leite condensado: trocadores de energia na forma de calor a placas ou empregando câmara a vácuo, chamado de *flash cooler*.

- TC - Tanques de cristalização: tanques de aço inox de parede dupla para circulação de água gelada.

Abaixo segue o esquema de processamento de leite condensado, através da Figura 4.

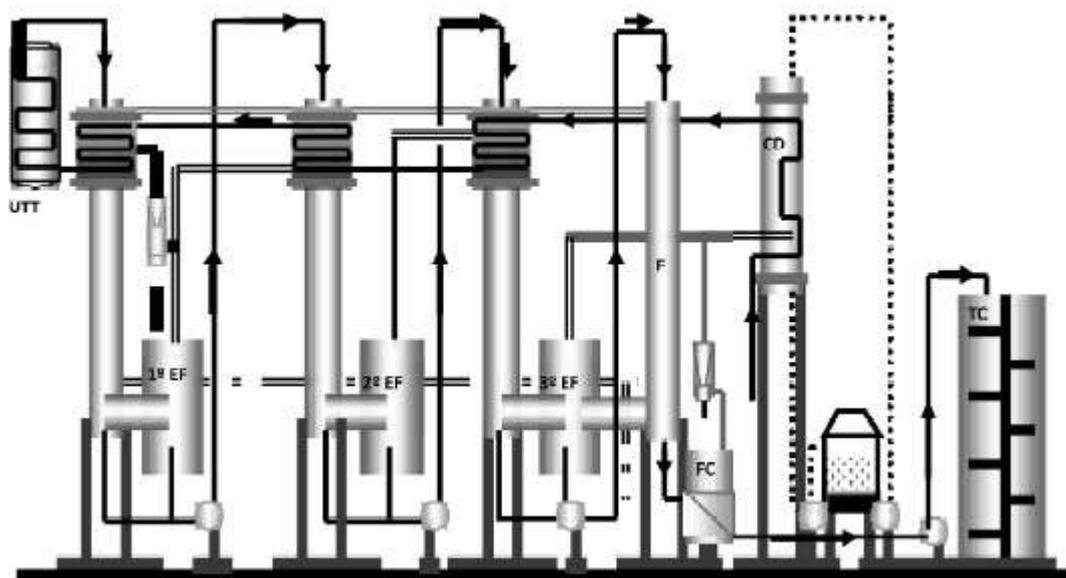


Figura 4: Esquema de uma linha de processamento de leite condensado.

Fonte: RENHE et.al (2011).

As principais modificações causadas pela concentração do leite e do soro, de acordo com (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005), são as seguintes:

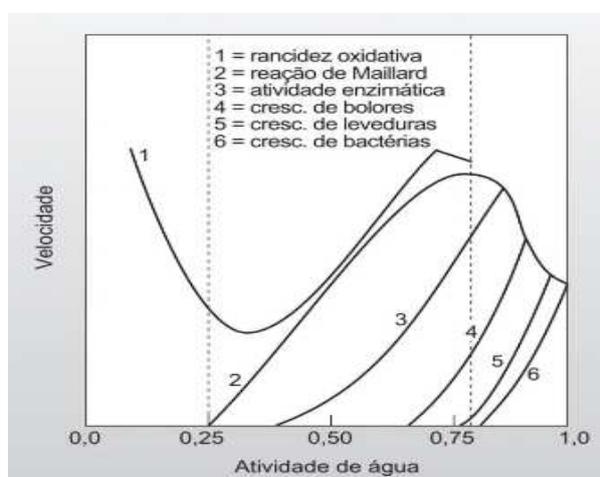
- diminuição da atividade de água;
- aumento da higroscopicidade;
- mudanças no equilíbrio salino;
- modificação na conformação das proteínas;
- aumento da pressão osmótica, diminuição do ponto crioscópico, aumento do ponto de ebulição, da condutividade elétrica, da densidade e do índice de refração;
- aumento da viscosidade, conhecido por espessamento por tempo, que é causado por alterações físico-químicas na caseína;
- saturação da solução e tendência à cristalização da lactose.

Em relação à atividade de água (A_w), os microrganismos necessitam de água livre para seu metabolismo e multiplicação. Tanto a remoção de água, quanto a adição de açúcar provoca a redução de A_w de um alimento. Como pode ser observado na

Figura 5, as bactérias necessitam de A_w maiores do que os fungos. No grupo das bactérias, as Gram-negativas são mais exigentes que as Gram-positivas em relação A_w . A A_w abaixo de 0,91 limita o crescimento da maioria das bactérias deteriorantes, mas, as bactérias patogênicas, como *Staphylococcus aureus*, podem tolerar uma atividade de água de até 0,86. Já os fungos deteriorantes podem se multiplicar até em A_w de 0,80 (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Figura 5: Velocidade de reações e de crescimento de microrganismos baseado na atividade de água.

Fonte: ELIANA PAULA RIBEIRO; SERAVALLI (2007).



Na Tabela 9, estão apresentadas as atividades de água de alguns produtos lácteos, incluindo o leite condensado:

Tabela 9: Atividade de água (A_w) de produtos lácteos.

PRODUTO LÁCTEO	A_w
Leite	0,995
Leite evaporado	0,986
Mistura de sorvete	0,97
Leite condensado	0,83
Leite em pó desnatado, 4,5% de água	0,2
Leite em pó desnatado, 3% de água	0,1
Leite em pó desnatado, 1,5% de água	0,02
Queijo	0,94–0,98

Fonte: Adaptado de WALSTRA et al. (2005).

O leite condensado apresenta atividade de água em torno de 0,83 e, neste valor, pode ocorrer o crescimento de algumas bactérias, sendo o *Staphylococcus aureus* microorganismos causadores de toxinfecção alimentar, além de bolores e

leveduras deteriorantes. Em relação às demais reações, como a rancidez oxidativa, em valores de $A_w > 0,80$ são reduzidas devido a diluição de metais catalisadores. A reação de *Maillard* e as atividades enzimáticas também são reduzidas nesta atividade de água (ELIANA PAULA RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

2.4 LACTOSE E CRISTALIZAÇÃO

Uma mudança significativa que ocorre durante a concentração de doce de leite e leite condensado por evaporação é a cristalização da lactose, afetando a textura, podendo ocasionar arenosidade devido à formação de cristais grandes perceptíveis ao paladar do consumidor. Estes produtos são compostos por uma solução supersaturada de lactose, que cristaliza após o resfriamento. A lactose estará saturada quando o fator de concentração estiver em torno de 2,8 (CRUZ et al., 2016). O produto mistura láctea condensada será impactado e poderá apresentar o defeito de arenosidade, devido à sua formulação ser mistura de leite, soro e açúcar concentrado.

A solubilidade da lactose é mais baixa quando comparada com outros carboidratos, como a sacarose, sendo de 20 g de lactose para 100 gramas de água contra 107 g de sacarose para 100 g de água (CRUZ et al., 2016). Essa característica é afetada por alguns fatores como temperatura, saturação da solução, mutarrotação da lactose e até mesmo pelo teor de sacarose utilizado no produto, pois a solubilidade da lactose decresce em até 70% em presença de sacarose (CRUZ et al., 2016).

Como no leite condensado há cerca de 38–45 g sacarose / 100 g de água, a solubilidade da lactose irá decrescer pela metade e em torno de 75% da lactose tenderá a cristalizar (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005).

A lactose se apresenta em duas formas anoméricas (α e β). A mutarrotação, é um fenômeno que ocorre em todo açúcar redutor, causando mudanças nas concentrações das formas alfa e beta das moléculas em solução aquosa. A lactose nos produtos lácteos, sendo a α -lactose e β -lactose, mudam sua rotação específica no decorrer do tempo até o equilíbrio (HUPPERTZ; GAZI, 2016). Uma solução de lactose em estado de equilíbrio a 25 °C possui 62,25% de β -lactose e 37,75% de α -lactose (CRUZ et al., 2016; GÄNZLE; HAASE; JELEN, 2008).

Em relação à solubilidade, cada fração possui uma solubilidade, impactando de forma diferente a cristalização. A α -lactose, quando em excesso, apresenta uma solubilidade de apenas 7 g/100 g solução, enquanto a β -lactose, em excesso numa solução, apresenta solubilidade de 50 g/100 g, ambas a 15 °C. Com o passar do tempo, devido à mutarrotação, haverá mudanças nas formas da lactose (CRUZ et al., 2016; GOULART, 2021). Por exemplo, uma solução inicial de β -lactose irá solubilizar mais rápido inicialmente, pois é mais solúvel em temperaturas ambientes, e, eventualmente, ficará mais lenta essa solubilização. A α -lactose é mais solúvel acima de 93,5 °C (CRUZ et al., 2016; GÄNZLE; HAASE; JELEN, 2008). A produção comercial de cristais de α -lactose pode ser preparada a partir de uma solução aquosa de lactose até a supersaturação, em temperaturas abaixo de 93,5 °C. A taxa de mutarrotação é influenciada pela temperatura, pelo pH, pela presença de outros açúcares e de sais. Em temperaturas mais baixas, a taxa de mutarrotação é baixa, mas aumenta 2,8 vezes a cada 10 °C na temperatura, sendo praticamente instantânea a 75 °C (GÄNZLE; HAASE; JELEN, 2008).

Para evitar a formação de cristais grandes e perceptíveis, é necessário que haja uma nucleação induzida de lactose para que sejam formados rapidamente cristais de tamanho pequenos, que não serão percebidos no produto. Para isso, deve haver no mínimo 10^{10} cristais de lactose cristalina por grama de produto e os cristais não devem medir mais que 10 μm (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2005). Segundo (MCSWEENEY; FOX, 2009), para que os cristais produzam uma textura arenosa, eles devem ser maiores do que 30 μm . Já os autores GÄNZLE; HAASE; JELEN (2008) relatam valores entre 10–16 μm para que o defeito seja perceptível.

A nucleação induzida de lactose, feita nos processos industriais para prevenção da cristalização perceptível, é realizada através da adição de inúmeros cristais de lactose (microcristais), seguida pelo resfriamento controlado do produto a taxa de agitação constante; desta forma, haverá um elevado número de cristais, porém com dimensão reduzida (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011). O tamanho dos cristais de lactose utilizados para nucleação induzida são de 2–3 μm (RJABOVA et al., 2013). Outras formas de prevenção da cristalização são através do aumento da viscosidade dos produtos por adição de espessantes, o que dificultará o aparecimento dos cristais, e através da adição de enzima lactase, que irá hidrolisar a lactose em glicose e galactose, impedindo-a de cristalizar (CRUZ et al., 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 AMOSTRAS

Para caracterização do produto mistura láctea condensada, foram adquiridas 6 diferentes marcas disponíveis no mercado e fabricadas nas regiões de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina, sendo coletados 3 lotes de cada marca com datas de fabricação diferentes para alcançar maior diversificação nas amostras. As amostras foram estocadas a temperatura ambiente, em local seco e fresco até a realização das análises. As análises de acidez titulável, teor de sólidos solúveis (°Brix), gordura, viscosidade, pH e as análises microbiológicas foram feitas nas dependências da Cooperativa Central Mineira de Laticínios, em Patos de Minas. As análises de cor foram feitas nas dependências da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Patos de Minas. As análises de Aw foram feitas no Centro de Estudos e Desenvolvimento Analítico Farmacêutico (CEDAFAR) da Universidade Federal de Minas Gerais. As análises de cinzas, proteínas e extrato seco total foram feitas pelo laboratório Microbial em Campinas. As análises de sacarose, lactose e amido foram feitas pelo laboratório Hidrolabor em São Paulo. Os ensaios realizados pelos laboratórios Microbial e Hidrolabor são acreditados no INMETRO. Os ensaios de sólidos lácteos, sólido lácteos não gordurosos, proteínas nos sólidos lácteos não gordurosos, carboidratos e umidade foram feitas através de cálculos.

3.2 MÉTODOS

Os métodos empregados nas análises laboratoriais foram executados conforme descrito abaixo.

3.2.1 ACIDEZ TITULÁVEL

Para determinação da acidez titulável, foi empregado método titulométrico que consiste na titulação de determinada massa da amostra por uma solução alcalina de concentração conhecida, utilizando como indicador fenolftaleína, conforme método descrito em 482/IV Doce de leite – Determinação da acidez em ácido láctico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.2.2 BRIX – SÓLIDOS SOLÚVEIS

O teor de sólidos solúveis (°Brix), foi medido em Refratômetro analógico marca Atago, modelo MASTER-BR escala de 0 a 70° B, conforme orientado em seu manual de instruções. A leitura dos sólidos solúveis (°Brix) foi feita diretamente na escala do refratômetro. O valor obtido na leitura é expresso em °Brix.

3.2.3 GORDURA

Para determinação do teor de gordura, foi utilizado o método de hidrólise ácida de Gerber, conforme método adaptado, descrito em 433/IV Leites – Determinação de gordura pelo método de Gerber (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), através dos seguintes passos: foram pesados 15 g de amostra e 30 g de água destilada e feita a homogeneização. Foram então adicionados a um butirômetro Gerber de 8% 10 mL da solução de ácido sulfúrico, 11 mL de amostra homogeneizada e 1 mL de álcool isoamílico. Após a centrifugação, foi feita a leitura da porcentagem de gordura diretamente na escala e o teor de gordura final foi calculado conforme Equação 1:

$\% \text{ Gordura} = \text{Leitura na escala} \times 3$ (Eq. 1).

3.2.4 EXTRATO SECO TOTAL (EST)

Para determinação do extrato seco total, foi utilizado como referência o método gravimétrico, que consiste na perda da umidade e voláteis por dessecação e pesagem do resíduo, conforme descrito no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal, 2ª ed., 2019, Método 2.21.3 (BRASIL, 2019).

3.2.5 UMIDADE

Para determinação da umidade, foi feito o cálculo por diferença em relação ao extrato seco total, conforme descrito no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal, 2ª ed., 2019, Método 2.40.3 (BRASIL, 2019), conforme a Equação 2:

$\% \text{ UMIDADE} = 100 - \text{EST}$ (Eq. 2).

3.2.6 VISCOSIDADE

A viscosidade foi determinada em Viscosímetro BROOKFIELD digital LV DV-E, conforme orientado em seu manual de instruções. A velocidade utilizada foi de 30 rpm o rotor n°60. Foi imergido o rotor na amostra e aguardada a estabilização da leitura, que ocorre quando o valor do torque fica acima de 50%.

3.2.7 RESÍDUO MINERAL FIXO OU CINZAS

A determinação de cinzas (resíduo mineral fixo) fundamenta-se na eliminação da matéria orgânica a temperatura de 550 °C e o método foi feito por gravimetria, conforme descrito no método 945–46:2019 - 21ª edição (AOAC, 2019).

3.2.8 pH

O valor de pH foi determinado em equipamento pHmetro Digimed DM – 2P, conforme orientado em seu manual de instruções.

3.2.9 PROTEÍNA – NITROGÊNIO TOTAL

A determinação de proteína baseia-se na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio através da digestão com ácido sulfúrico p.a. e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e titulada, através de método descrito em ISO 148–91|IDF 185 - *Determination of nitrogen content - Routine method using combustion according to the Dumas principle* (ISO, 2002).

3.2.10 COR

A cor das amostras foi avaliada através de leitura direta em colorímetro da Marca Minolta, modelo CR-400, conforme orientado em seu manual de instruções.

3.2.11 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água foi avaliada através de leitura direta em analisador da Marca Aqualab, modelo Series 3 TE, conforme orientado em seu manual de instruções.

3.2.12 LACTOSE E SACAROSE

Para determinação do teor de lactose e sacarose, foi utilizado como referência o método de cromatografia iônica, conforme descrito no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal, 2ª ed., 2019, Método 2.30 (BRASIL, 2019).

3.2.13 AMIDO

Para determinação de amido, foi utilizado o método Lane Eynon por titulometria conforme (MACHADO; CAMPOS; SOUZA, 2009).

3.2.14 SÓLIDOS LÁCTEOS

Para determinação dos sólidos lácteos, foi feito o cálculo por diferença do percentual total (100) e do somatório dos percentuais encontrados para umidade, sacarose e amido, conforme descrito no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal, 2ª ed., 2019, Método 2.21.3 (BRASIL, 2019), dado pela Equação 4:

$$\text{Sólidos lácteos (\%)} = 100 - \text{umidade} - \text{sacarose} - \text{amido} \text{ (Eq. 4)}$$

3.2.15 SÓLIDOS LÁCTEOS NÃO GORDUROSOS

Para determinação dos sólidos lácteos não gordurosos, foi feito cálculo por diferença do valor de sólidos lácteos e o valor encontrado para gordura, conforme descrito no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal, 2ª ed., 2019, Método 2.20.1 (BRASIL, 2019), dado pela Equação 5:

$$\text{Sólidos lácteos não gordurosos (\%)} = \text{sólidos lácteos} - \text{gordura} \text{ (Eq. 5)}$$

3.2.16 PROTEÍNAS NOS SÓLIDOS LÁCTEOS NÃO GORDUROSOS

A determinação de proteínas nos sólidos lácteos não gordurosos foi feita através do cálculo da razão entre o valor de proteína pelo valor de extrato seco desengordurado (ESD), conforme descrito no Manual de Métodos Oficiais para

Análise de Alimentos de Origem Animal, 2ª ed., 2019, Método 2.37 (BRASIL, 2019), dado pela Equação 6:

Proteínas nos Sólidos lácteos não gordurosos (%) = Proteína.100 / ESD (Eq. 6)

3.2.17 CARBOIDRATOS

Para determinação dos carboidratos, foi feito o cálculo por diferença, conforme descrito em AOAC (2000), conforme a Equação 7:

Carboidratos (%) = 100 – (% umidade + % cinzas + % proteínas + % gorduras) (Eq. 7)

3.2.18 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Para contagem de mesófilos aeróbios foram utilizadas as placas prontas para análises microbiológicas, *Compact Dry TC*, de acordo com o procedimento a seguir: Pesou-se 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada esterilizada e foi homogeneizado; foi coletado assepticamente 1 mL da amostra já preparada, incubada a temperatura de 36 °C por 48 horas, invertendo-as. Após 48 horas de incubação, com o auxílio de um contador de colônias foram contadas todas as colônias desenvolvidas sobre as placas de coloração vermelha.

Para contagem de coliformes termotolerantes foram utilizadas as placas prontas para análises microbiológicas, *Compact Dry CF*, de acordo com o procedimento a seguir: Pesou-se 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada esterilizada e foi homogeneizado; foi coletado assepticamente 1 mL da amostra já preparada, incubada a temperatura de 45 °C por 24 horas, invertendo-as. Após 24 horas de incubação, com o auxílio de um contador de colônias foram contadas todas as colônias desenvolvidas sobre as placas de coloração azul.

Para contagem de *Staphylococcus aureus* foram utilizadas as placas prontas para análises microbiológicas, *Compact Dry XSA*, de acordo com o procedimento a seguir: Pesou-se 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada esterilizada e foi homogeneizado; foi coletado assepticamente 1 mL da amostra já preparada, incubada a temperatura de 35 °C por 24 horas, invertendo-as. Após 24 horas de incubação, com

o auxílio de um contador de colônias foram contadas todas as colônias desenvolvidas sobre as placas de coloração azul.

Para contagem de bolores e leveduras foram utilizadas as placas prontas para análises microbiológicas, *Compact Dry YMR*, de acordo com o procedimento a seguir: Pesou-se 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada esterilizada e foi homogeneizado; foi coletado assepticamente 1 mL da amostra já preparada, incubada a temperatura de 25 °C por 72 horas, em posição normal. Após 72 horas de incubação, com o auxílio de um contador de colônias foram contadas todas as colônias desenvolvidas sobre as placas de coloração características.

3.2.19 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As determinações analíticas de acidez titulável, brix, gordura, viscosidade, pH, cor, Aw, umidade, sólidos lácteos, sólidos lácteos não gordurosos, proteínas nos sólidos lácteos não gordurosos, carboidratos e análises microbiológicas foram feitas em triplicata e os resultados expressos como média. Em seguida, foi feita a média dos resultados dos 3 lotes analisados de cada marca. As determinações de cinzas, proteínas, extrato seco total, sacarose, lactose e amido foram feitas conforme metodologia dos laboratórios terceirizados utilizando o resultado final expresso no laudo.

Os dados experimentais foram tratados através do software R CORE TEAM (2022). Os dados foram avaliados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) e homogeneidade (teste de Bartlett, $p > 0,05$), seguidos de análise de variância (Anova, $p < 0,05$) e do teste de *Scott-Knott* ($p < 0,05$) para comparação de médias. Para as variáveis que não apresentaram normalidade foram feitos testes não-paramétricos de *Kruskal-Wallis* ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mistura láctea condensada é um produto que não possui regulamento técnico específico, apesar de ser bastante comercializado, uma vez que geralmente é fabricado por indústrias que já possuem evaporadores a vácuo para fabricação de leite condensado. Essas empresas viram uma oportunidade em aumentar o portfólio

dos produtos, aproveitando seu processo produtivo para elaborar um produto similar a um preço menor devido ao aproveitamento do soro em substituição parcial do leite.

Por similaridade, os resultados da mistura láctea obtidas neste estudo foram comparados aos padrões de leite condensado buscando entender as diferenças entre esses produtos e, também, avaliar como as características diferem entre as próprias marcas, tanto em aspectos de composição quanto segurança microbiológica do produto.

Inicialmente, foi feita uma avaliação da lista de ingredientes das diferentes marcas de mistura láctea condensada, conforme descrito na Tabela 10.

Tabela 10: Lista de ingredientes por ordem de descrição declarada no rótulo.

MARCAS	LISTA DE INGREDIENTES
Marca 01	Leite e/ou leite em pó reconstituído; soro de leite e/ou soro de leite reconstituído; açúcar; mistura de espessantes (goma xantana, goma guar, carboximetilcelulose sódica); amido modificado; lactose.
Marca 02	Soro de leite e/ou soro de leite reconstituído; leite integral e ou leite integral reconstituído; açúcar; lactose.
Marca 03	Soro de leite e/ou soro de leite em pó reconstituído; leite desnatado e/ou leite desnatado em pó reconstituído; açúcar; gordura vegetal; lactose; estabilizante fosfato dissódico; conservante sorbato de potássio; espessante carragena.
Marca 04	Soro de leite e/ou soro de leite reconstituído; leite pasteurizado integral e/ou leite em pó integral reconstituído; açúcar; lactose.
Marca 05	Soro de leite e/ou soro de leite reconstituído; leite integral e/ou leite em pó reconstituído; açúcar; amido modificado; concentrado de proteína láctea; lactose.
Marca 06	Leite integral; açúcar; soro de leite em pó; amido modificado; lactose.

Fonte: a autora

Foi verificado que todas as marcas possuem em comum as matérias-primas de origem láctea, leite, soro (que podem ser na forma fluida ou em pó, devidamente reconstituído) e lactose. A lactose neste caso é utilizada com objetivo de formar a nucleação induzida, de forma a permitir a formação de vários núcleos pequenos de lactose, evitando aglomeração de lactose em cristais grandes e, conseqüentemente, o surgimento do defeito de fabricação caracterizado por arenosidade. Ainda em relação a ingredientes de origem láctea, a marca 05 possui na formulação concentrado de proteína láctea, que é usado para ajuste do teor de proteínas dos produtos.

As marcas 01, 05 e 06 possuem amido modificado, que pode ser utilizado para melhorar a característica de textura, aumentando a viscosidade, e para aumentar o rendimento. O amido, quando é aquecido, expõe as cadeias de amilose, que são hidratadas e aumentam a viscosidade, agindo como espessante (CANELLA-RAWLS, 2014). A marca 01 possui também uma mistura de espessantes (goma xantana, goma guar, carboximetilcelulose sódica) e a marca 03 possui o espessante carragena. As gomas são carboidratos complexos chamados de hidrocoloides que absorvem líquidos formando géis com objetivo de espessar e estabilizar os produtos (CANELLA-RAWLS, 2014).

No produto mistura láctea condensada, devido à substituição parcial do leite por soro, há uma redução do teor de proteínas, como pode ser visto na Tabela 11. As proteínas, em especial as caseínas, são responsáveis pelo aumento na viscosidade do produto. O teor de gordura nestes produtos também é menor, conforme pode ser observado na Tabela 12, e o uso de agentes espessantes irá proporcionar aumento da viscosidade e características semelhantes a um produto untuoso (CANELLA-RAWLS, 2014). Desta forma, por não possuir regulamento técnico, observa-se o uso de agentes espessantes em algumas marcas para ajustes na consistência e corpo do produto, uma vez que estes são fatores muito importante nestes produtos, principalmente visando seu uso na confeitaria.

A marca 03 ainda possui na formulação gordura vegetal, o estabilizante fosfato dissódico e o conservante sorbato de potássio. A gordura vegetal geralmente é utilizada em substituição ao creme de leite devido a seu custo mais baixo.

O sorbato de potássio é usado como conservante e controla fungos e bactérias, além de inibir a ocorrência de micotoxinas formadas por fungos (DEHGHAN et al., 2018).

O fosfato dissódico é utilizado na indústria láctea em processos nos quais o tratamento térmico ocorre em temperaturas acima de 90° C, pois acima destas temperaturas há um desequilíbrio salino no leite e a desestabilização da micela de caseína, com conseqüente precipitação. O equilíbrio salino do leite ocorre devido às concentrações do fosfato de cálcio presente nas micelas de caseína e sua concentração na fase aquosa. Em temperaturas mais elevadas, há diminuição da solubilidade do fosfato de cálcio, com a formação de um novo composto chamado de β -fosfato tricálcio cristalino e este composto não consegue entrar na micela de caseína, o que poderá ocasionar desestabilização da micela. Outro fator que afeta a

estabilidade das micelas de caseínas diz respeito à acidificação. Este fator também afeta o equilíbrio salino do leite, pois aumenta a solubilidade do fosfato cálcico coloidal e outros sais coloidais como magnésio e citratos ligados a caseína. O fosfato de cálcio coloidal é solubilizado (dissolvido) das micelas para a fase aquosa do leite (CRUZ et al., 2016). O fato de a mistura láctea condensada apresentar tratamentos térmicos a temperaturas elevadas e ainda a presença do soro seriam a causa do uso de fosfato no produto. Entretanto foi observado o fosfato apenas em uma marca, o que indica que, na prática, este não é um aditivo imprescindível neste produto.

A avaliação da lista de ingredientes da mistura láctea condensada mostra variabilidade de ingredientes e aditivos sendo utilizados, sem padronização. A regulamentação específica é importante no sentido de criar uma padronização do produto e trazer segurança para o consumidor, uma vez que estabelece quais ingredientes e aditivos podem ser utilizados, além de fixar o limite máximo permitido desses aditivos.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, para as variáveis pH, extrato seco total, umidade, A_w , °Brix, sacarose, sólidos lácteos, sólidos lácteos não gordurosos, acidez titulável, proteína e cor puderam ser realizadas a análise de variância, uma vez que os dados seguiram a pressuposição de normalidade e homogeneidade. Os resultados médios estão descritos na Tabela 11:

Tabela 11: Médias das características físico-químicas das marcas de mistura láctea condensada, obtidas por análise de variância.

ENSAIOS														
	pH	EXTRATO SECO TOTAL (%)	UMIDADE (%)	A_w	BRIX (°Bx)	SACAROSE (%)	SÓLIDOS LÁCTEOS (%)	SÓLIDOS LÁCTEOS NÃO GORDUROSOS (%)	PROTEÍNAS NOS SÓLIDOS LÁCTEOS NÃO GORDUROSOS (%)	ACIDEZ TITULÁVEL (g/ác. Láctico)	PROTEÍNA (%)	COR L*	COR a*	COR b*
MARCA 01	6,16 ^b	66,47 ^b	33,53 ^a	0,873 ^a	64,33 ^b	42,73 ^a	-	-	-	0,210 ^a	2,83 ^a	46,28 ^a	-2,66 ^b	7,41 ^a
MARCA 02	6,22 ^b	70,93 ^a	29,07 ^b	0,833 ^b	69,00 ^a	36,50 ^b	34,43 ^a	31,23 ^a	12,90 ^b	0,237 ^a	3,73 ^a	44,96 ^a	-2,93 ^b	7,48 ^a
MARCA 03	6,11 ^b	70,63 ^a	29,37 ^b	0,845 ^b	66,67 ^b	35,63 ^b	-	-	-	0,288 ^a	3,47 ^a	44,64 ^a	-0,59 ^b	11,13 ^a
MARCA 04	6,37 ^a	69,70 ^a	29,87 ^b	0,855 ^b	66,33 ^b	28,53 ^c	41,60 ^a	37,40 ^a	11,23 ^b	0,213 ^a	4,19 ^a	48,54 ^a	-3,35 ^b	9,43 ^a
MARCA 05	6,17 ^b	65,50 ^b	34,50 ^a	0,883 ^a	64,67 ^b	43,73 ^a	18,72 ^b	13,19 ^b	27,60 ^a	0,226 ^a	3,63 ^a	54,51 ^a	-4,10 ^c	8,76 ^a
MARCA 06	6,28 ^a	71,57 ^a	30,53 ^b	0,838 ^b	69,00 ^a	48,75 ^a	18,36 ^b	15,06 ^b	26,45 ^a	0,228 ^a	3,94 ^a	51,65 ^a	-2,62 ^b	9,02 ^a

Médias seguidas de mesma letra (na coluna) são estatisticamente iguais, ao nível de 5% pelo teste de Skott Knot.

-: teste não pôde ser realizado para a marca.

Fonte: a autora

Os resultados obtidos para extrato seco total nas marcas analisadas variaram de 65,50% até 71,57% e o teor de umidade de 29,07% até 34,50%. As marcas 01 e 05 apresentaram diferenças significativas em relação às outras marcas, com valores de extrato seco total menores e umidade maiores em relação as demais marcas.

O extrato seco total do alimento é composto por todos os ingredientes da formulação excluindo-se a água e, nos produtos lácteos concentrados, o teor de umidade é um parâmetro importante de controle pois determina o ponto final da evaporação e, conseqüentemente, o rendimento industrial. O teor de umidade final também irá impactar na atividade de água, com conseqüente impacto no crescimento microbiano, uma vez que quanto maior a umidade mais fácil será o desenvolvimento de microrganismos. Além disso, caso haja uma redução excessiva de umidade, poderá ser favorecida a formação de cristais grandes de lactose perceptíveis ao paladar, prejudicando a parte sensorial do produto (PERRONE et al., 2010; RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Diante disso, as marcas 01 e 05 podem ter utilizado uma quantidade menor de ingredientes sólidos na formulação ou, ainda, ter promovido uma menor evaporação da água no processo de concentração.

Em um processo de produção de doce de leite, em que foi substituído 50% do leite por soro de leite, verificou-se que foi necessário menor tempo de processamento para atingir o teor de sólidos solúveis no doce de leite em 29% no tempo de processamento total, gerando economia de vapor. Tal estudo é importante para o desenvolvimento de novos produtos lácteos concentrados, pois mesmo que o volume de água a ser evaporado seja maior devido à presença de soro e, conseqüentemente, menos sólidos, não há aumento no tempo de produção (SILVA et al., 2013).

Ao se avaliar o teor de extrato seco total e umidade em leite condensado, observou-se no estudo de PERRONE et al. (2010), em que foram estudadas 27 amostras de leite condensado, que o valor médio de extrato seco total foi de 72,59% e de umidade foi de 27,41%. Valores similares foram encontrados por FLAUZINO (2007), que relatou valores de umidade de 27,30% e, conseqüentemente, extrato seco total de 72,7% para amostras de leite condensado.

O teor de extrato seco total e umidade não são normatizados no leite condensado, cuja formulação deve ser ajustada de forma que ao final da evaporação seja atendido o parâmetro de sólidos lácteos, conforme a categoria do produto

(integral, semidesnatado ou desnatado). Como a mistura láctea condensada não apresenta regulamento específico, estas diferenças apresentadas entre as marcas podem ser explicadas por critérios de padronização da indústria em relação ao rendimento desejado.

Em relação ao teor de sólidos lácteos, este corresponde aos sólidos de origem láctea. Tanto a legislação brasileira (IN47) quanto *Codex Alimentarius* CXS 282-1971 preconizam valores mínimos de sólidos lácteos para leite condensado integral de mín. 28% e para leite condensado semidesnatado e desnatado de mín. 24%. Conforme a lista de ingredientes das marcas foi possível realizar a análise de sólidos lácteos nas marcas 02, 04, 05 e 06, pois estas continham apenas sacarose e amido como componentes não lácteos sendo possível a realização do cálculo por diferença. Nas marcas 01 e 03 havia presença de espessantes, estabilizantes, conservantes e gordura vegetal que não foram quantificados no presente estudo, impossibilitando o cálculo por diferença.

No estudo, apenas as marcas 02 e 04 apresentaram teor de sólidos lácteos acima do valor previsto nas legislações para sólidos lácteos para leite condensado, com valores de 34,43% na marca 02 e 41,60% na marca 04. Ao avaliar a lista de ingredientes destas respectivas marcas observa-se que foi declarado no rótulo apenas o açúcar como ingrediente de origem não láctea, tendo presença de leite, soro, açúcar e lactose, o que explica o maior teor de sólidos lácteos. Já as marcas 05 e 06, além destes mesmos ingredientes, declararam ainda amido e a marca 05 declara também concentrado de proteína láctea. O concentrado de proteína láctea é utilizado para ajustes de teor de proteína do produto que, apesar de ser de origem láctea, não foi suficiente para aumentar os sólidos lácteos totais nesta marca.

Em relação aos sólidos lácteos não gordurosos, estes correspondem ao teor de sólidos lácteos do produto subtraído pelo valor de gordura. São compostos pela fração proteica, pelo teor de lactose e minerais do leite, sendo mais impactado pelos teores de proteínas e lactose (CRUZ et al., 2016). Tanto a legislação brasileira (IN47) quanto o *Codex Alimentarius* CXS 282-1971 preconizam valores mínimos de sólidos lácteos não gordurosos para leite condensado semidesnatado e desnatado de mín. 20%.

Na fabricação de produtos lácteos concentrados este parâmetro é muito importante pois é utilizado para realização do cálculo de padronização denominado fator de padronização (RF) do produto final. O valor de RF é obtido através da

porcentagem de gordura no produto final dividido pela porcentagem de sólidos lácteos não-gordurosos. Desta forma, na etapa de padronização é calculado se é necessário fazer a adição de creme ou leite desnatado no leite que será usado para a fabricação do leite condensado (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Neste estudo, assim como para sólidos lácteos, as marcas 02 e 04 também foram as únicas que apresentaram valores de sólidos lácteos não gordurosos compatíveis com a referência para leite condensado, com valores de 31,23% e 37,40% respectivamente.

Em relação ao teor de proteína na mistura láctea condensada, os valores encontrados neste estudo foram de 2,83% a 4,19% e não apresentaram diferença significativa entre as marcas. A legislação brasileira e o *Codex Alimentarius* CXS 282-1971 não apresentam padrões mínimos para proteína para leite condensado, porém apresenta padrão para proteína nos sólidos lácteos não gordurosos que é no mínimo 34% (BRASIL, 2018b; CODEX ALIMENTARIUS, 2018, 2021). Em relação ao teor de proteína nos sólidos lácteos não gordurosos, nenhuma amostra apresentou valores compatíveis com o produto leite condensado, o que é esperado uma vez que os teores de proteínas da mistura láctea condensada apresentaram-se baixos em relação ao leite condensado. O valor apresentado para a marca 02 foi de 12,90%, para a marca 04 foi de 11,23%, que diferiu significativamente das marcas 05 e 06, que apresentaram valores de 27,60% e 26,45%, respectivamente.

Ao avaliar o teor de proteínas em leite condensado, observou-se, no estudo de Patel et al. (1996), que o leite condensado apresentou médias de proteínas entre 8,20% – 8,36%. No trabalho de SHIMODA et al. (2001), o leite condensado comercial fabricado no Japão apresentou teor de proteínas de 7,9%. No estudo de MENDES; FURTADO (2012), o leite condensado fabricado pelos autores apresentou valores de proteínas de 7,11%. Segundo LIMA et al. (2011), através da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), os valores médios de proteína em leite condensado foram de 7,7%. Segundo MASSARI (2018), em um estudo no qual foram analisadas 11 amostras de leite condensado comercializado no oeste do Paraná, o teor de proteínas obtido estava na faixa de 6,24%-8,88 e uma única amostra apresentou valor de 3,75% de proteínas, estando divergente de valores normalmente encontrados na literatura para leite condensado.

O teor de proteínas varia conforme o leite de origem e, no caso do leite condensado, o teor de proteínas pode ser ajustado utilizando-se concentrado proteico

e permeado de leite (BRASIL, 2018b; CODEX ALIMENTARIUS, 2018). Comparando os valores de proteínas da literatura para leite condensado com os valores de proteínas da mistura láctea condensada, observa-se que os valores de proteínas nas misturas lácteas condensadas analisadas neste trabalho são bem mais baixos do que os valores encontrados na literatura para leite condensado. Na mistura láctea condensada, além do leite na composição há também soro de leite. Como a maior parte das proteínas do leite são as caseínas que são precipitadas na fabricação de queijos, o soro possui apenas 20% do teor de proteínas do leite (MADUREIRA et al., 2007). Logo, um menor volume de leite na formulação, adicionado de soro de leite é a causa do menor teor de proteínas e proteínas nos sólidos lácteos não gordurosos na mistura láctea condensada.

Outro requisito avaliado no estudo foi o teor de Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), que é uma escala geralmente utilizada para determinar a concentração de uma solução, pois o índice de refração varia com a concentração da solução. As escalas em porcentagem de Brix apresentam as concentrações percentuais dos sólidos solúveis contidos em uma amostra (solução com água), ou seja, total de todos os sólidos dissolvidos na água, entre eles açúcar, sais, proteínas, ácidos etc. A leitura do valor medido é a soma total desses componentes (FAHIM; IMBABI, 2021).

Em relação ao valor de Brix, as marcas 02 e 06 apresentaram valor de 69°Bx , diferindo estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Skott Knot das marcas 01, 03, 04 e 05, que apresentaram valores menores entre $64,33^{\circ}\text{Bx}$ e $66,67^{\circ}\text{Bx}$.

No estudo de amostras de leite condensado analisadas por LEONHARDT (2015), o valor médio encontrado foi de 70°Bx . No estudo de BRONDI et al. (2011), foram encontrados valores de Brix de $68,66^{\circ}\text{Bx}$ a $72,33^{\circ}\text{Bx}$ para leite condensado. Para PERRONE et al. (2010), em que foram estudadas 27 amostras de leite condensado, o valor médio de Brix foi de $69,38^{\circ}\text{Bx}$. O leite condensado fabricado pelos autores MENDES; FURTADO (2012), após 30 dias de fabricação, apresentou os valores de Brix de $68,6^{\circ}\text{Bx}$.

Observa-se que na literatura, o teor de Brix de leite condensado apresenta valores maiores que a maioria das marcas analisadas de mistura láctea condensada. A maioria das marcas analisadas neste estudo apresentaram Brix entre 64°Bx a 66°Bx . Os menores valores de brix das amostras de mistura láctea condensada, pode ser explicado pelo uso do soro, pois a solução a ser evaporada terá menos sólidos

solúveis. O leite possui, no mínimo, 12,4% de sólidos totais, enquanto o soro apresenta apenas 5% de sólidos totais (BRASIL, 2018a, 2020). Além disso, observou-se valores de extrato seco total foi menor na mistura láctea condensada em relação ao leite condensado, logo é esperado que os valores de sólidos solúveis serem menores neste produto.

O teor de sacarose apresentado nas amostras de mistura láctea condensada no estudo ficou entre 28,53%-36,50% para as marcas 02, 03 e 04. Para as marcas 01, 05 e 06, os resultados foram entre 42,73%-48,75%. As marcas 02 e 04, por terem apresentado menor teor de sacarose, apresentaram maior teor de sólidos lácteos e as marcas 05 e 06, que apresentaram maior teor de sacarose, apresentaram menor teor de sólidos lácteos, demonstrando que o teor de sacarose também impacta neste parâmetro.

O teor de sacarose possui como fator limitante o fato de que as soluções que possuem concentração acima de 65,5% correm risco de sofrer cristalização (Y. H. HUI, 1992). No caso do leite condensado, o limitante diz respeito ao teor de sólidos lácteos mínimos exigidos por legislação, uma vez que se o valor de sacarose for alto, o produto final não irá alcançar os valores mínimos de sólidos lácteos preconizados na legislação (CRUZ et al., 2016). Apenas as marcas 01, 05 e 06 apresentaram teor de sacarose semelhantes ao descrito na literatura para leite condensado. Segundo Schumacher (2015), o teor de sacarose no leite condensado ficou entre 44-46%, assim como para DE FELIPE; ÓN; ZAPICO (1991), que apresentou valores de sacarose de 43,02%-44,01% e HUI (1992), onde o teor de sacarose encontrado foi 42,00%.

Em relação a A_w , as marcas 02, 03, 04 e 06 apresentaram valores de A_w menores na faixa de 0,833-0,855 e as amostras 01 e 05 apresentaram valores maiores, ficando entre 0,873 e 0,883. Estes valores foram coerentes com os valores de umidade apresentados anteriormente, uma vez que as marcas 02, 03, 04 e 06 apresentaram menor teor de umidade e as amostras 01 e 05 apresentaram umidade maior.

Nestas faixas de A_w apresentadas podem se desenvolver bolores e leveduras deteriorantes e, na faixa de A_w acima de 0,86, é possível haver crescimento de *Staphylococcus aureus*, que causa intoxicação provocada por toxina pré-formada. Os principais sintomas desta toxinfecção são náuseas, vômitos, câibras abdominais, diarreia e sudorese (FRANCO; LANDGRAF, 2008). As marcas 01 e 05 estão sujeitas

ao desenvolvimento do *S. aureus*, caso ele esteja presente no produto final, podendo levar a problemas de saúde para o consumidor, uma vez que a atividade de água média dos lotes foi acima de 0,86. Com estes valores de A_w ($A_w > 0,80$), o produto apresenta estabilidade química, em que se evitará aquelas reações que são impactadas pela atividade de água, como reações de *Maillard* e oxidação de lipídeos (ELIANA PAULA RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

A acidez e o pH são parâmetros utilizado com indicativos de qualidade e conservação do produto. O leite cru refrigerado apresenta pH em torno de 6,70 e acidez 0,14–0,18% (ARAÚJO et al., 2011; BRASIL, 2018a). Já o soro apresenta acidez entre 0,1–0,2% e pH entre 6,00–6,80 (BRASIL, 2020; MACWAN et al., 2016).

Neste estudo, observou-se que os resultados de acidez não apresentaram diferença significativa entre as marcas e que estes valores aumentaram após o processo de concentração com valores entre 0,210–0,288 g/ác. láctico em relação a acidez original do leite cru e soro. Em relação aos valores de pH apresentados nas amostras de mistura láctea condensada foi possível observar que houve um decréscimo do valor de pH, nas faixas de 6,11–6,22 para marcas 01, 02, 03 e 05 e valores de 6,28–6,37 para marcas 04 e 06. Esta diferença significativa nas diferentes faixas de pH entre as marcas de mistura láctea condensada pode ser explicada pelas diferentes proporções dos ingredientes na composição do produto, as quais não se tem acesso.

O processo de concentração em evaporadores à vácuo ocasiona diversas alterações no produto, como diminuição do pH, pois há um aumento da força iônica, que afeta os coeficientes de atividades de íons e os valores de pK_a das espécies protonadas; há ainda transferência de alguns íons cálcio e fosfato do coloide à fase solúvel e, por fim, ocorre a precipitação do fosfato de cálcio. Há também a liberação dos prótons de fosfatos. Outro fator que impacta na diminuição do pH é a presença de sacarose, que ocasiona a diminuição de atividade de água e, conseqüentemente, aumenta a reação de *Maillard*, uma vez que esta reação é muito favorecida em atividade de água entre 0,6–0,7. Nos concentradores a vácuo, não ocorre tão intensamente a reação de *Maillard*, mas ocorrerão os primeiros passos da reação, que levarão à formação de ácido fórmico e ácido acético que tendem a diminuir o pH (MAURÍCIO et al., 2021).

Os valores de acidez encontrados em amostra de leite condensado por HASSAN et al. (2008) ficaram entre 0,146% a 0,155%, valores menores que na

mistura láctea condensada deste estudo. As amostras analisadas por MASSARI (2018) apresentaram valores de acidez variando de 0,20% a 0,32% e para LEONHARDT (2015), apresentaram valores de acidez de 0,28%, nestes casos os valores de acidez em leite condensado apresentaram valores na faixa de acidez próximos da mistura láctea condensada.

Em relação aos valores de pH em amostras de leite condensado, no estudo de DE FELIPE; ÓN; ZAPICO (1991), os valores de pH foram de 6,79 a 6,81. As amostras analisadas por MASSARI (2018) apresentaram valores de pH entre 6,89 e 7,06. Em ambos os casos, os valores de pH foram maiores que da mistura láctea condensada. Já no estudo de LEONHARDT (2015), as amostras de leite condensado apresentaram valores de pH de 6,34, valor mais próximo a algumas amostras de mistura láctea condensada. Estes resultados demonstraram que, no geral, a mistura láctea condensada apresenta pH mais baixo em relação ao leite condensado.

Em relação aos parâmetros de cor, o valor de “L” determina e quantifica a luminosidade e pode variar de 0 (zero) ou preto até o valor de 100 (cem) ou branco e quanto maior o valor de L* mais claro o objeto. A coordenada do “a” quantifica a variação das cores do verde (valores negativos) para o vermelho (valores positivos). E, por último, tem-se as coordenadas de “b” que varia do azul (valores negativos) para amarelo (valores positivos) (MORITZ, 2011).

Os resultados das análises de cor não apresentaram diferenças significativas para os parâmetros L* e b*. Para o valor de a* apenas a marca 05 apresentou diferença significativa com valor de -4,10. Os valores de L* ficaram entre 46,28 a 54,51, b* entre 7,41-11,13 e o valor de a* para as demais marcas foi de -0,59 a 3,35. Pelos resultados obtidos observou-se que as amostras apresentaram alta luminosidade, em que a coordenada amarela (valor b*) foi predominante em relação a componente verde, já que os valores de a* foram menores em relação ao b*, confirmando a cor branca-amarelada como característica do produto.

Quando ocorrem variações no padrão de luminosidade em leite condensado, geralmente estão relacionadas ao tempo de estocagem, temperatura utilizada no processamento, composição da matéria-prima, presença de açúcar redutor, presença de aminoácidos, baixa atividade de água e exposição a maiores temperaturas de processamento, que podem levar à ocorrência da reação de *Maillard*, causando alterações sensoriais na cor e no sabor do produto (LEONHARDT, 2015). Além disso, durante a estocagem do leite condensado há formação de pigmentos marrons, cuja

formação é menos intensa quando o produto é estocado a temperaturas inferiores a 30°C e mais intensas em temperaturas superiores a 45°C, fatores que também podem impactar na cor dos produtos (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Em relação a cor de leite condensado, no estudo de LEONHARDT (2015), as amostras de leite condensado apresentaram valor luminosidade $L=77,23$, bem mais claro que as amostras de mistura láctea condensada deste estudo; porém para valores de “a” foram similares ($a^*=-3,43$) e b^* também apresentou maior valor de 22,15. No estudo de MASSARI (2018) os valores para L^* variaram de 48,23-62,77. Para valor de $a^*=-2,57$ a -7,43. Para valores de $b^*=12,92$ a 19,52. Estas diferenças em relação à cor apresentada em leite condensado e na mistura láctea condensada podem ser atribuídas também a diferenças de tratamento térmico entre os tipos de produtos, uma vez que em produtos com presença de soro geralmente os tratamentos ocorrem em temperatura menor devido à maior sensibilidade do soro ao calor, além do fato de que a mistura láctea ainda ter ingredientes de origem não-lácteas que irão impactar na intensidade da reação de *Maillard*.

Para as variáveis cinzas, amido, lactose, proteína nos sólidos lácteos não gordurosos, viscosidade e gordura foram feitas testes não-paramétrico porque os dados não seguiram normalidade. Os dados estão descritos na Tabela 12:

Tabela 12: Médias das características físico-químicas das marcas de mistura láctea condensada, obtidas pelo Teste de *Kruskal-Wallis*.

AMOSTRAS	ENSAIOS					
	CINZAS (%)	AMIDO (%)	LACTOSE (%)	CARBOIDRATOS (%)	VISCOSIDADE mPa.s	GORDURA (%)
MARCA 01	1,83	2,74	9,63	58,80	46.052	3,00
MARCA 02	2,43	0,00	2,77	61,57	811	3,20
MARCA 03	2,17	0,00	10,49	60,80	30.236	4,20
MARCA 04	1,67	0,00	8,95	60,08	22.552	4,20
MARCA 05	1,57	3,05	10,44	54,77	24.939	5,53
MARCA 06	2,50	2,36	6,87	59,73	2.808	3,30

Legenda: Teste de *Kruskal-Wallis* ao nível de 5% de significância.

Conforme o teste de *Kruskal-Wallis*, apenas os ensaios de “AMIDO” e “LACTOSE” apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que para “AMIDO” o p-value foi 0.006513 e para “LACTOSE” foi encontrado um p-value igual a 0.01779, valores menores que 5% de significância.

Em relação ao teor de lactose dos produtos, os valores apresentaram diferenças significativas e os valores ficaram entre 2,77%-10,49% demonstrando variabilidade. Esta variabilidade pode ser explicada por alguns fatores relacionados primeiramente à quantidade de soro utilizado nas formulações, uma vez que a maior parte do soro é lactose. Outro ponto é que todos os fornecedores declararam uso de lactose, que neste caso é utilizada para nucleação induzida de micro cristais evitando o defeito de arenosidade, podendo ter sido utilizada em diferentes quantidades nas diversas marcas. No caso de valores mais baixos, a explicação pode ser devido ao uso ou aproveitamento de soro com baixo teor de lactose, que tenha sofrido algum tipo de delactosagem ou, até mesmo, de soro proveniente de produção de queijos com baixo teor de lactose.

O leite condensado apresentou teor de lactose maiores do que aqueles encontrados para mistura láctea condensada neste estudo, variando de 10-12% (SCHUMACHER, 2015) a 11,65%-12,49% (DE FELIPE; ÓN; ZAPICO, 1991). Já em outro estudo, houve variação do teor de lactose de 6,95%-11,46% (SANTOS, 2012).

Em relação ao teor de amido, as marcas 01, 05 e 06 declararam o uso de amido em suas formulações. Os valores encontrados variaram de 2,74%-3,05%. Para o produto leite condensado, não é permitido o uso de amido, porém na mistura láctea condensada o amido é utilizado como forma de aumentar a viscosidade do produto, compensando a menor viscosidade causada pelo menor teor de proteínas. Além disso, o amido também pode ser utilizado para aumentar o rendimento.

No estudo de GUERRA et al. (2020), foi avaliado o impacto do uso de amido em formulação de doce de leite pastoso, que também é um produto lácteo concentrado, e observou-se que, em formulação tradicional usando apenas leite com 0,5% de amido, o valor de viscosidade foi de 20.000 mPa.s. Quando foi utilizado 15% de soro em substituição ao leite e 0,5% de amido a viscosidade foi de 16.400 mPa.s. Quando foi feita substituição de leite em 30% por soro e 0,5% de amido a viscosidade foi de 15.067 mPa.s, sem diferença significativa entre as formulações com uso de 15% e 30% de soro, demonstrando a importância do amido em relação a viscosidade neste tipo de produto quando se utiliza soro e amido. Em relação ao rendimento, o uso de 0,5% de amido não aumentou o rendimento do produto.

Em relação à viscosidade das amostras de mistura láctea condensada, foram encontrados valores que variaram de 811-46.052 mPa.s e não foi observada diferença significativa entre as marcas.

O aumento da viscosidade nos produtos lácteos concentrados por calor, ocorre devido à desnaturação de proteínas, principalmente da b-lactoglobulina, que interagem com a K-caseína formando um complexo bastante hidratável. No processamento produtivo, um tratamento térmico mais intenso irá ocasionar um produto mais viscoso, assim como variações no teor de proteínas (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Ainda no estudo de GUERRA et al. (2020), avaliou-se o teor de viscosidade de diferentes formulações de doce de leite pastoso em que foi utilizado soro de leite (sem amido) em substituição parcial do leite. Observou-se que quando foi substituído 15% de leite por soro na formulação o valor de viscosidade foi de 22.133 mPa.s e quando se utilizou 30% de soro o valor de viscosidade caiu para 16.533 mPa.s (GUERRA et al., 2020), demonstrando o impacto do uso do soro na viscosidade do produto.

Em leite condensado tradicional, verificou-se valores de viscosidade entre 509,3 e 1.233,3 mPa.s no estudo de BEDIM; FIORI (2014). No estudo de BRONDI et al. (2011), os valores variaram de 16.236,33 a 37.832,00 mPa.s, observando que a amostra que apresentou maior valor de viscosidade também apresentou maior valor de extrato seco total e maior teor de proteínas. Os valores de viscosidade em leite condensado demonstraram certa variabilidade de resultados.

Os teores de gordura encontrados nas misturas lácteas condensadas variaram de 3,0% até 5,53% e não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes marcas, a 5% de significância. O uso do soro de leite em substituição ao leite na formulação irá ocasionar estes valores de gordura menores uma vez que o soro possui baixo teor de gordura e, em muitos casos, ainda é desnatado antes de ser processado. No caso da mistura láctea condensada é esperado que o valor de gordura seja menor que no leite condensado integral, uma vez que uma das propostas do produto é ter um custo menor, não sendo interesse da indústria padronizar o produto acrescentando gordura láctea. Inclusive, através da lista de ingredientes, verificou-se que a marca 04 utiliza a gordura vegetal provavelmente como substituta da gordura láctea que é mais cara.

O padrão de gordura para o produto leite condensado estabelece que, para leite condensado integral, o teor de gordura deve ser, no mínimo, 8% e, para o leite condensado semidesnatado, o teor de gordura deve ser maior que 1% e menor que 8% (BRASIL, 2018b; CODEX ALIMENTARIUS, 2018). Os resultados das amostras analisadas estão contemplados na faixa de gordura do leite condensado

semidesnatado, logo nenhum está dentro da faixa de leite condensado integral, que corresponde à maior parte deste tipo de produto no mercado.

Ao avaliar o teor de gordura do leite condensado do mercado, no estudo de PERRONE et al. (2010), em que foram estudadas 27 amostras de leite condensado fabricado no Brasil, o leite condensado apresentou valor médio de gordura de 7,85%. Segundo LIMA et al. (2011), através da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), o valor médio de gordura de leite condensado foi de 6,7%. Já no estudo de BRONDI et al. (2011), foram analisadas 4 marcas de leite condensado, sendo 3 lotes por marca, e os resultados obtidos para gordura foram de 7,33% em 2 marcas e de 8% em outras 2 marcas. O estudo DE FELIPE; ÓN; ZAPICO (1991), em que foram analisadas amostras de leite condensado produzidas na Espanha, o teor de gordura de dos produtos foram de 8,08% a 9,05%. Em Bangladesh, amostras de leite condensado foram analisadas por SIDDIQUE et al. (2017) e os valores encontrados para gordura foram de 8,00% a 8,10%. Vale ressaltar que ao se avaliar o histórico de legislações do produto leite condensado, somente em 2018 foi publicada a legislação brasileira (BRASIL, 2018b), em que houve a normatização do teor de gordura. Já o *Codex Alimentarius* CXS 282-1971 tem os padrões estabelecidos para leite condensado desde 1971 (CODEX ALIMENTARIUS, 2018).

As cinzas, ou resíduo mineral fixo, são utilizadas para determinação dos minerais em uma amostra. É o resíduo inorgânico remanescente após a queima da matéria orgânica da amostra, que é convertida em CO₂, H₂O e NO₂. O leite é uma fonte excelente da maioria dos sais minerais e contém quantidades significativas de cálcio, magnésio, cloro, fósforo, potássio e sódio. Ele também possui pequenas quantidades de ferro, alumínio, bromo, zinco e manganês (BRASIL, 2014).

Os resultados de cinzas das amostras de mistura láctea condensada apresentaram valores entre 1,57% a 2,5% e não apresentaram diferença significativa entre as marcas, a 5% de significância.

Em relação ao leite condensado, no estudo de PATEL et al. (1996), o teor de cinzas encontrado foi de 1,69%–1,89%. No estudo de DE FELIPE; ÓN; ZAPICO (1991), o leite condensado apresentou teor de cinzas de 1,56%–1,72%. Para SHIMODA et al. (2001), o teor de cinzas foi de 1,9% para o leite condensado analisado. Estes estudos foram próximos ao descrito por LIMA et al. (2011), através da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), em que o valor médio de cinzas no leite condensado foi de 1,6%. Desta forma, observou-se que a composição

da mistura láctea condensada, com presença de soro, algumas marcas com espessantes, estabilizantes, entre outros, não impactou no teor de cinzas em relação ao leite condensado.

O teor de carboidratos nas amostras de mistura láctea condensada apresentou resultados entre 54,77%-61,57%. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) apresenta valor médio de carboidratos no leite condensado de 57% (LIMA et al., 2011) e no estudo de MASSARI (2018) o teor de médio de carboidratos em leite condensado foi de 49,54%.

Para as variáveis microbiológicas foram feitos testes não-paramétricos porque os dados não seguiram normalidade. Os resultados estão descritos na Tabela 13:

Tabela 13: Resultados microbiológicos das marcas de mistura láctea condensada, analisados pelo Teste de *Kruskal-Wallis*.

AMOSTRAS	MESÓFILOS AERÓBIOS (UFC/g)	STHAPHYLOCOCCUS AUREUS (UFC/g)	COLIFORMES TOTAIS (UFC/g)	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (UFC/g)	BOLORES E LEVEDURAS (UFC/g)
MARCA 01	21	9	0	0	0
MARCA 02	4.377	2.284	473	0	0
MARCA 03	1.091	618	0	0	0
MARCA 04	244	1	0	1	0
MARCA 05	2	0	0	0	0
MARCA 06	0	0	0	0	0

Legenda: Teste de *Kruskal-Wallis* ao nível de 5%.

A legislação brasileira e Codex *Alimentarius* CXS 282-1971 prevê padrões para leite condensado para bolores e leveduras e *Staphylococcus* coagulase positiva, sendo ambos os padrões no máximo $1,0 \times 10^2$ UFC/g (BRASIL, 2018b; CODEX ALIMENTARIUS, 2018).

Em relação às amostras de mistura láctea condensada analisadas, para os ensaios de bolores e leveduras, nenhuma marca apresentou crescimento destes microrganismos, mesmo apresentando valores de atividade de água na faixa de crescimento destes microrganismos.

Algumas amostras apresentaram contaminação microbiana, demonstrando que alguns processos não são totalmente controlados. Houve presença de mesófilos aeróbios, *Staphylococcus aureus*, coliformes totais e coliformes termotolerantes em algumas amostras.

Dentre os *Staphylococcus sp.*, o *Staphylococcus aureus* são bactérias mesófilas que apresentam temperatura de crescimento na faixa de 47,8°C, além de serem coagulase positiva que, em número elevado no alimento, apresenta perigo potencial à saúde pública devido à produção da enterotoxina estafilocócica (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Em relação a *Staphylococcus aureus*, as amostras da marca 01, 04, 05 e 06 estão dentro do padrão da legislação de leite condensado. As amostras 2 e 3 apresentaram contagens elevada por *S. aureus*. Uma possível fonte de *S. aureus* é através de leite oriundo de vacas com mastite, pois o *S. aureus* é um microrganismo que apresenta resistência em equipamentos de estocagem e envase, além de crescer em Aw baixa (Aw 0,83), logo a higiene deficiente nos equipamentos pode causar recontaminação do produto. Outra fonte refere-se aos manipuladores portadores de *S. aureus*, que podem introduzir a contaminação nos equipamentos e utensílios (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Os coliformes totais e termotolerantes são compostos por bactérias da família *Enterobacteriaceae*. No caso dos coliformes totais, são capazes de fermentar a lactose com produção de gás, quando são incubados a 35-37°C por 48 horas. Este grupo de bactérias além de serem encontrados em fezes, também estão presentes em outros locais como solos. Já os coliformes termotolerantes fermentam a lactose e formam gás quando são incubadas a 44-45,5°C. Esse grupo de microrganismos fornece informações sobre as condições higiênicas dos produtos e eventual presença de patogênicos (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Para coliformes totais, apenas a marca 02 apresentou contagem, com valor de 473 UFC/g e, para coliformes termotolerantes, apenas a marca 04 apresentou contagem de 1 UFC/g. Estes microrganismos também podem ocorrer devido a condições deficientes de higiene dos equipamentos, que podem causar contaminação do produto, além de deficiências de higiene dos manipuladores (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Para os mesófilos aeróbios a marca 06 não apresentou contagem. O grupo de mesófilos são utilizadas como indicativo de qualidade, pois caso o número esteja elevado, mesmo que não sejam patogênicos e não tenham provocado alterações nos alimentos, significa que há uma condição inadequada de processamento. Além disso, todas as bactérias patogênicas de origem alimentar são mesófilas (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Os valores de mesófilos ficaram entre 2 UFC/g até 4377 UFC/g, indicando que, provavelmente, houve deficiência de higienização de equipamentos ou

do ambiente em alguns processos, pois este grupo de microrganismo são facilmente eliminados na pasteurização (RENHE; PERRONE; SILVA, 2011).

Os resultados das amostras analisadas para mistura láctea condensada foram diferentes dos resultados encontrados no estudo de PERRONE et al. (2010) para o produto leite condensado, em que foram estudadas 27 amostras de leite condensado, que apresentou contagens de bolores e leveduras nas amostras com valores entre $<3,98$ a $5,01 \times 10^4$ UFC/g. Neste mesmo estudo os resultados de mesófilos apresentaram resultados também maiores para algumas amostras que na mistura láctea condensada, variando de <10 UFC/g a $1,5 \times 10^6$ UFC/g. Foi feita ainda contagem de estafilococos coagulase-negativa e os resultados ficaram entre $<1,2 \times 10^3$ UFC/g a $5,01 \times 10^5$ UFC/g.

Nos resultados de SÁ et al. (2008), em que foram analisadas 27 amostras de leite condensado, não houveram contagem de coliformes a 30°C e de coliformes a 45°C e também houve ausência de *Staphylococcus* coagulase positiva. O *Staphylococcus* sp. foi encontrado em 09 amostras, estando os valores entre $1,0 \times 10^2$ a 2×10^5 UFC/g.

Em outro estudo feito em Bangladesh, em 2017, por (SIDDIQUE et al., 2017), os valores encontrados para amostras de leite condensado em relação a mesófilos aeróbios foram de $12,40 \times 10^2$ UFC/g e $14,30 \times 10^2$ UFC/g. Também foi feita análise de contagem de coliformes neste estudo e não foi evidenciada contagem em nenhuma amostra.

5 CONCLUSÃO

A mistura láctea condensada é um produto lácteo concentrado, em que são utilizados os mesmos evaporadores à vácuo das indústrias que já produzem leite condensado. Por usar o soro de leite em substituição de parte de leite, o produto torna-se uma boa opção de aproveitamento de soro para elaboração de um produto com menor custo. Apesar de ser comercializado por várias empresas, este produto não possui regulamento técnico de identidade e qualidade específico e, desta forma, observou-se através da lista de ingredientes composições distintas entre as diferentes marcas, com o uso de aditivos como espessantes, estabilizantes e conservantes sem padronização. A regulamentação específica é importante para normatização de valores seguros de uso de aditivos, além da própria padronização do produto.

Em relação à composição físico-química, os teores de gordura e de proteína apresentaram valores bem menores em relação ao leite condensado, porém não apresentaram diferenças significativas entre as marcas, mostrando ser uma tendência do próprio mercado. Dentre os sólidos avaliados, o teor de sólidos lácteos, sólidos lácteos não gordurosos, sacarose, amido e lactose apresentaram diferenças significativas entre as marcas, demonstrando variabilidade da composição. Em relação a viscosidade, que é um importante parâmetro para uso em confeitaria, os valores apresentados pela mistura láctea condensada, para algumas marcas, foram maiores que o leite condensado, demonstrando potencial uso em preparos culinários similares ao leite condensado.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, algumas marcas apresentaram contagens altas de microrganismos de interesse em saúde pública, como *Staphylococcus aureus*, o que corrobora para necessidade de estabelecimento de regulamento específica.

Portanto, espera-se que este trabalho sirva de referência bibliográfica para entendimento do perfil do produto no mercado brasileiro e futura elaboração de regulamento específico do produto mistura láctea condensada, a fim de garantir um produto de padronizado e seguro para os consumidores.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL-SALAM, M. H.; EL-SHIBINY, Safinaz; SALEM, Aida. Factors affecting the functional properties of whey protein products: A review. **Food Reviews International**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 251–270, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/87559120902956224>. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559120902956224>

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. **Association of Analytical Communities**, Washington, DC, p. 2000, 2000.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist - Método 945:46 - Ash Of Milk gravimetric Method, 2019**. 21. ed. [s.l: s.n.].

ARAÚJO, Viviane Maia De; CASSOLI, Laerte Dagher; ZAMPAR, Aline; SILVA, Augusto Cesar Lima Da; DIAS, Carlos Tadeu Santos Dos; MACHADO, Paulo Fernando. Comparação de metodologias para a determinação do pH e do ponto de

congelamento do leite bovino cru sob diferentes características de conservação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S. l.], v. 40, n. 7, p. 1619–1624, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700030>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/mKKLn3S3FrV5MpyzVQXCx4N/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2022.

ATRA, Ramadan; VATAI, Gyula; BEKASSY-MOLNAR, Erika; BALINT, Agnes. Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 67, n. 3, p. 325–332, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.035>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877404002109>. Acesso em: 25 out. 2021.

BEDIM, Caroline Patrícia; FIORI, Juliano José. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE AMOSTRAS DE LEITE CONDENSADO COMERCIALIZADAS EM JUNDIAÍ-SP. **Revista Engenho**, [S. l.], v. 9, n. 897, p. 89–102, 2014. Disponível em: <https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaEngenho/article/view/839>. Acesso em: 22 dez. 2022.

BIELECKA, Marika; CICHOSZ, Grażyna; CZECZOT, Hanna. Antioxidant, antimicrobial and anticarcinogenic activities of bovine milk proteins and their hydrolysates - A review. **International Dairy Journal**, [S. l.], v. 127, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105208>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694621002363?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jul. 2022.

BRASIL. Determinação do Resíduo Mineral Fixo em Leite e Derivados Lácteos. **Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento.**, [S. l.], p. 1–5, 2014. Disponível em: <https://docplayer.com.br/10313006-Determinacao-do-residuo-mineral-fixo-em-leite-e-derivados-lacteos.html>. Acesso em: 23 ago. 2022.

BRASIL. DECRETO Nº 9.013, DE 29 DE MARÇO DE 2017. [S. l.], 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20134722/do1-2017-03-30-decreto-n-9-013-de-29-de-marco-de-2017-20134698. Acesso em: 3 ago. 2022.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 76, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2018. [S. l.], 2018. a. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN_76. Acesso em: 3 ago.

2022.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 47, DE 26 DE OUTUBRO DE 2018. [S. l.], 2018. b. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/48740904/do1-2018-11-06-instrucao-normativa-n-47-de-26-de-outubro-de-2018-48740655. Acesso em: 3 ago. 2022.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal**. 2º ed. Brasília.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 94, DE 18 DE SETEMBRO DE 2020. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-94-de-18-de-setembro-de-2020-278692811>. Acesso em: 3 ago. 2022.

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. Granhen. Effluent generation by the dairy industry: preventive attitudes and opportunities. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 487–497, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-66322007000400003>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322007000400003&lng=en&tling=en. Acesso em: 25 out. 2021.

BRONDI, Juliana Zara; FERRÃO, Sibelli Passini Barbosa; SAMPAIO, Ana Prudência Assis Magnavita; PINTO, Wilson Rodrigues Junior; CALDAS, Raimundo Eduardo; XAVIER, Iara Rocha. PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF DIFFERENT BRAND CONDENSED MILK. **Higiene Alimentar**, [S. l.], v. 25, n. 2007, p. 305–307, 2011.

CANELLA-RAWLS, Sandra. **Espessantes na confeitaria: texturas e sabores**. 2º edição ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2014.

CARTER, B. G.; FOEGEDING, E. A.; DRAKE, M. A. Invited review: Astringency in whey protein beverages. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 103, n. 7, p. 5793–5804, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18303>. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(20\)30391-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(20)30391-X/fulltext). Acesso em: 5 out. 2021.

CARVALHO, Fátima; PRAZERES, Ana R.; RIVAS, Javier. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 445–446, p. 385–396, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.038>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969712015896>. Acesso em: 5 out. 2021.

CHATTERTON, Dereck E. W.; SMITHERS, Geoffrey; ROUPAS, Peter; BRODKORB, André. Bioactivity of β -lactoglobulin and α -lactalbumin—Technological implications for processing. **International Dairy Journal**, [S. l.], v. 16, n. 11, p. 1229–1240, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.06.001>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694606001439>. Acesso em: 5 out. 2021.

CHEN, Biye; GRANDISON, Alistair S.; LEWIS, Michael J. BEST USE FOR MILK - A REVIEW I-Effect of breed variations on the physicochemical properties of bovine milk. **International Journal of Dairy Technology**, [S. l.], v. 70, n. 1, p. 3–15, 2017. DOI: <https://doi-org.ez34.periodicos.capes.gov.br/10.1111/1471-0307.12352>. Disponível em: <https://onlinelibrary-wiley.ez34.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/1471-0307.12352>. Acesso em: 30 jul. 2022.

CODEX ALIMENTARIUS. STANDARD FOR SWEETENED CONDENSED MILKS CXS 282-1971. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–4, 2018. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B282-1971%252FCXS_282e.pdf. Acesso em: 23 ago. 2022.

CODEX ALIMENTARIUS. STANDARD FOR A BLEND OF SWEETENED CONDENSED SKIMMED MILK AND VEGETABLE FAT - CXS 252-2006. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, [S. l.], p. 4, 2021. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B252-2006%252FCXS_252e.pdf. Acesso em: 23 ago. 2022.

CRUZ, Adriano Gomes Da; ZACARCHENCO, Patrícia Bumer; OLIVEIRA, Carlos Augusto F.; CORASSIN, Carlos H. **Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados**. 1. ed. Rio de Janeiro: 2016, 2016.

DE FELIPE, A. I. Alvare.; ÓN, Berta; ZAPICO, Juliàn. Structural changes in sweetened condensed milk during storage: An electron microscopy study. **Journal of Dairy Research**, [S. l.], v. 58, n. 3, p. 337–344, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029900029915>. Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/abs/structural-changes-in-sweetened-condensed-milk-during-storage-an-electron-microscopy-study/348EDE6B845624973073A5D8C90A2A55>.

Acesso em: 13 ago. 2022.

DE WIT, J. N. Thermal Stability and Functionality of Whey Proteins. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 73, n. 12, p. 3602–3612, 1990. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)79063-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)79063-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030290790637>. Acesso em: 5 out. 2021.

DEHGHAN, Parvin; MOHAMMADI, Ali; MOHAMMADZADEH-AGHDASH, Hossein; EZZATI NAZHAD DOLATABADI, Jafar. Pharmacokinetic and toxicological aspects of potassium sorbate food additive and its constituents. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 80, n. July, p. 123–130, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418300050?via%3Dihub>.

ELIANA PAULA RIBEIRO; SERAVALLI, ELISENA A. G. **Química de Alimentos**. 2ª edição ed. São Paulo: Blucher, 2007.

FAHIM, N. H.; IMBABI, T. A. Comparison between the Brix Refractometer and ELISA for Assessment of Colostrum IgG of Montbeliard x Holstein Cross Dairy Cows. **Tropical Animal Science Journal**, [S. l.], v. 44, n. 3, p. 356–362, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.3.356>. Disponível em: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/tasj/article/view/33398>. Acesso em: 25 ago. 2022.

FLAUZINO, RODRIGO DIAS. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO TEOR DE GORDURA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS DO LEITE CONDENSADO E CREME DE LEITE. **Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto**, RODRIGO DIAS FLAUZINO INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO TEOR DE GORDURA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS DO LEITE CONDENSADO E CREME DE LEITE São José do Rio Preto, p. 100, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90794>. Acesso em: 24 ago. 2022.

FOX, P. F.; BRODKORB, A. The casein micelle: Historical aspects, current concepts and significance. **International Dairy Journal**, [S. l.], v. 18, n. 7, p. 677–684,

2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694608000320>. Acesso em: 25 jul. 2022.

FRAGA, Érica Emília Almeida; RODRIGUES, Simone Maria da Silva; VASCONCELOS, Cleiton Rodrigues De; SANTANA, José Ricardo De; SANTOS, Mário Jorge Campos Dos; SILVA, Daniel Pereira Da. Análise do descarte ambientalmente correto da produção do queijo coalho em fabriquetas do Sertão Sergipano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 126–135, 2016. DOI: <https://doi.org/10.6008/spc2179-6858.2016.002.0010>. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/SPC2179-6858.2016.002.0010>. Acesso em: 17 abr. 2023.

FRANCO, BERNADETTE DORA GOMBOSSY DE MELO; LANDGRAF, MARIZA. **MICROBIOLOGIA DOS ALIMENTOS**. São Paulo: Atheneu, 2008.

FURLANETTI, Andréa Maria; PRATA, Luiz Francisco. Free and total GMP (glycomacropeptide) contents of milk during bovine lactation. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S. l.], v. 23, p. 121–125, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400023>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612003000400023&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 27 out. 2021.

GAI, Nan; UNIACKE-LOWE, Therese; O'REGAN, Jonathan; FAULKNER, Hope; KELLY, Alan L. Effect of protein genotypes on physicochemical properties and protein functionality of bovine milk: A review. **Foods**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. 1–23, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10102409>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/10/2409>. Acesso em: 29 jul. 2022.

GAJENDRAGADKAR, Chinmay N.; GOGATE, Parag R. Intensified recovery of valuable products from whey by use of ultrasound in processing steps - A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [S. l.], v. 32, p. 102–118, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.02.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417716300621?via%3Dihub>. Acesso em: 5 out. 2021.

GANJU, Sparsh; GOGATE, Parag R. A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 215, n. 2017, p. 84–96, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.07.021>. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877417303205>. Acesso em: 2 nov. 2021.

GÄNZLE, Michael G.; HAASE, Gottfried; JELEN, Paul. Lactose: Crystallization, hydrolysis and value-added derivatives. **International Dairy Journal**, [S. l.], v. 18, n. 7, p. 685–694, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694608000332>. Acesso em: 1 set. 2021.

GILMARTIN, Sarah; O'BRIEN, Nora; GIBLIN, Linda. Whey for sarcopenia; can whey peptides, hydrolysates or proteins play a beneficial role? **Foods**, [S. l.], v. 9, n. 6, p. 1–25, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9060750>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/6/750>. Acesso em: 17 abr. 2023.

GOULART, Débora Brito. Principles of lactose crystallization and rheology of milk protein concentrate. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 15, p. e577101523028, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23028>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23028>. Acesso em: 1 ago. 2022.

GUERRA, Carolina Rodrigues Alves; MARINHO, Sabrina Domingues Graça Assis; STEPHANI, Rodrigo; RENHE, Isis Rodrigues Toledo; CARVALHO, Antônio Fernandes De; PERRONE, Ítalo Tuler. Utilização de soro de leite e amido na produção de doce de leite pastoso: rendimento, composição, perfil de textura, viscosidade e avaliação sensorial de aceitação. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [S. l.], v. 75, n. 1, p. 1–9, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v75i1.747>. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/747>. Acesso em: 22 dez. 2022.

HASSAN, M. R.; ASADUZZAMAN, M.; WADUD, A.; SULTANA, S. Quality assessment of sweetened condensed milk available in Bangladesh. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, [S. l.], v. 6, p. 47–51, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.276661>. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/276661>. Acesso em: 15 ago. 2022.

HAUG, Anna; HØSTMARK, Arne T.; HARSTAD, Odd M. Bovine milk in human nutrition - A review. **Lipids in Health and Disease**, [S. l.], v. 6, p. 1–16, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-25>. Disponível em: <https://go-gale.ez34.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?p=AONE&u=capes&id=GALE%7CA170045319&v=2.1&it=r>. Acesso em: 29 jul. 2022.

HUPPERTZ, Thom; GAZI, Inge. Lactose in dairy ingredients: Effect on

processing and storage stability. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 99, n. 8, p. 6842–6851, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/110.3168/jds.2015-10033>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030215006712>. Acesso em: 5 out. 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**. 1ª Edição ed. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>. Acesso em: 4 jul. 2022.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. Bulletin of the International Dairy Federation 501/2019. [S. l.], p. 1–44, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12722>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1471-0307.12722>.

ISO. **International Organization for Standardization - ISO 14891|IDF 185 First edition - Milk and milk products - Determination of nitrogen content - Routine method using combustion according to the Dumas principle, 2002**. 1. ed.

KAMAU, Samuel Mburu; CHEISON, Seronei Chelulei; CHEN, Wei; LIU, Xiao-Ming; LU, Rong-Rong. Alpha-Lactalbumin: Its Production Technologies and Bioactive Peptides. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 197–212, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00100.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2009.00100.x>. Acesso em: 5 out. 2021.

KOSSEVA, Maria R.; PANESAR, Parmjit S.; KAUR, Gurpreet; KENNEDY, John F. Use of immobilised biocatalysts in the processing of cheese whey. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 45, n. 5, p. 437–447, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.09.005>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813009002050>. Acesso em: 25 out. 2021.

KRUIF, Cornelis G. De; HUPPERTZ, Thom; URBAN, Volker S.; PETUKHOV, Andrei V. Casein micelles and their internal structure. **Advances in Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 171–172, p. 36–52, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2012.01.002>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000186861200005X>. Acesso em: 25 jul. 2022.

LE MAUX, Solène; GIBLIN, Linda; CROGUENNEC, Thomas; BOUHALLAB, Saïd; BRODKORB, André. β -Lactoglobulin as a Molecular Carrier of Linoleate: Characterization and Effects on Intestinal Epithelial Cells in Vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 60, n. 37, p. 9476–9483, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf3028396>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf3028396>. Acesso em: 27 out. 2021.

LEONHARDT, Maisson. Estudo de agentes inibidores da Reação de Maillard em Leite Condensado. **Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Química Industrial, do Centro Universitário UNIVATES**, Lajeado, p. 36, 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/941/1/2015MaissonLeonhardt.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2022.

LIAO, Yuxiao; PENG, Zhao; CHEN, Liangkai; ZHANG, Yan; CHENG, Qian; NÜSSLER, Andreas K.; BAO, Wei; LIU, Liegang; YANG, Wei. Prospective views for whey protein and/or resistance training against age-related sarcopenia. **Aging and Disease**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 158–174, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14336/AD.2018.0325>. Disponível em: <http://www.aginganddisease.org/EN/10.14336/AD.2018.0325>. Acesso em: 17 abr. 2023.

LIMA, Dag Mendonça; PADOVANI, Renata Maria; RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B.; FARFÁN, Jaime Amaya; LIMA, Marcelo Tavares De; COLUGNATI, Fernando Antonio Basile; GALEAZZI, Maria Antonia Martins. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**. 4. ed. rev ed. Campinas: NEPA – Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação - UNICAMP, 2011. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 15 ago. 2022.

MACHADO, Fabíola Lopes Caetano; CAMPOS, Gisélia; SOUZA, Mariana Temponi Godinho. Comparação entre os métodos de Lane-Eynon e polarimétrico para determinação de amido em farinha de mandioca. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, [S. l.], v. 68, n. 1, p. 155–159, 2009. DOI: <https://doi.org/10.53393/rial.2009.v68.32757>. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial68_1_completa/rial68_1_completa.pdf. Acesso em: 3 out. 2022.

MACWAN, Silviya R.; DABHI, Bhumika K.; PARMAR, S. C.; APARNATHI, K. D.

Whey and its Utilization. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, [S. l.], v. 5, n. 8, p. 134–155, 2016. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.508.016>. Disponível em:

<https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=753&vol=5-8-2016&SNo=16>

MADUREIRA, Ana R.; PEREIRA, Cláudia I.; GOMES, Ana M. P.; PINTADO, Manuela E.; XAVIER MALCATA, F. Bovine whey proteins – Overview on their main biological properties. **Food Research International**, [S. l.], v. 40, n. 10, p. 1197–1211, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.005>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996907001251>. Acesso em: 5 out. 2021.

MASSARI, MARIANA RIANI. Substituição de lactose em pó micronizada por Permeado de soro em pó micronizado em leite condensado: características físico-químicas, reológicas e microbiológicas. **Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.**, Medianeira, p. 82, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3952/1/substituicaoalactosepomiconizada.pdf>.

MAURÍCIO, Érica Felipe; TANGUY, Gaëlle; LE FLOCH-FOUÉRÉ, Cécile; BEAUCHER, Eric; DOLIVET, Anne; DE CARVALHO, Antonio Fernandes; PERRONE, Ítalo Tuler. Comparison of experimental setups for the production of milk concentrates and subsequent characterization. **Lwt**, [S. l.], v. 151, n. March, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112193>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643821013463>. Acesso em: 13 ago. 2022.

MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. **Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents**. Third Edit ed. [s.l: s.n.]. v. 3 DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84865-5>.

MENDES, Paula Nunes; FURTADO, Marco Antônio Moreira. Optimization of the production process of condensed milk using pre-concentration by membrane. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, [S. l.], v. 386, p. 93, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5935/2238-6416.20120042>. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/243/253>. Acesso em: 15 ago. 2022.

MOLLEA, Chiara; MARMO, Luca; BOSCO, Francesca. Valorisation of Cheese Whey, a By-Product from the Dairy Industry. *In: Food Industry*. [s.l.] : InTech, 2013.

p. 549–588. DOI: <https://doi.org/10.5772/53159>. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/food-industry/valorisation-of-cheese-whey-a-by-product-from-the-dairy-industry>.

MORITZ, Alexandre R. **Existe cor em nossas vidas - A colorimetria aplicada em nossos dias**. 1ª edição ed. São Paulo: Braseq, 2011.

MORR, C. V.; HA, E. Y. W. Whey protein concentrates and isolates: Processing and functional properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 431–476, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408399309527643>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408399309527643>. Acesso em: 26 nov. 2021.

OLIVEIRA, Débora F. De; BRAVO, Claudia E. C.; TONIAL, Ivane B. Soro de leite: Um subproduto valioso. **Revista do instituto de laticínios Cândido Torres**, [S. l.], v. 67, n. 385, p. 64–71, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5935/2238-6416.20120025>. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/215>. Acesso em: 26 ago. 2022.

OSORIO, Johan S.; LOHAKARE, Jayant; BIONAZ, Massimo. Biosynthesis of milk fat, protein, and lactose: Roles of transcriptional and posttranscriptional regulation. **Physiological Genomics**, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 231–256, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00016.2015>. Disponível em: <https://journals-physiology-org.ez34.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1152/physiolgenomics.00016.2015>. Acesso em: 30 jul. 2022.

PANGHAL, Anil; PATIDAR, Rakesh; JAGLAN, Sundeep; CHHIKARA, Navnidhi; KHATKAR, Sunil K.; GAT, Yogesh; SINDHU, Neelesh. Whey valorization: current options and future scenario – a critical review. **Nutrition & Food Science**, [S. l.], v. 48, n. 3, p. 520–535, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1108/NFS-01-2018-0017>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/NFS-01-2018-0017/full/html>. Acesso em: 5 out. 2021.

PATEL, A. A.; GANDHI, H.; SINGH, Sudhir; PATIL, G. R. Shelf-life modeling of sweetened condensed milk based on kinetics of Maillard browning. **Journal of Food Processing and Preservation**, [S. l.], v. 20, n. 6, p. 431–451, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1996.tb00758.x>. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4549.1996.tb00758.x>. Acesso em: 11 ago. 2022.

PEREIRA, Paula C. Milk nutritional composition and its role in human health. **Nutrition**, [S. l.], v. 30, n. 6, p. 619–627, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.011>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez34.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0899900713004607>. Acesso em: 30 jul. 2022.

PERRONE, Ítalo Tuler; RENHE, Ísis Rodrigues Toledo; PEREIRA, Danielle Braga Chelini; SÁ, Jaqueline Flaviana Oliveira; SANTOS, Marcelo Cerqueira Dos; TEODORO, Vanessa Aglaê Martins; MAGALHÃES, Fernando Antônio Resplande; SILVA, Paulo Henrique Fonseca Da. Characterization of physicochemical composition, microbiology, sensory evaluation and microscopical attributes of sweetened condensed milk. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 2061, n. June, p. 293–298, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.34416> Characterization. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/wpPKthx7MKTkgYLrtDXPSMr/?lang=en>. Acesso em: 1 set. 2021.

PIRES, Arona Figueroa; MARNOTES, Natalí Garcia; RUBIO, Olga Díaz; GARCIA, Angel Cobos; PEREIRA, Carlos Dias. Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. **Foods**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. 1067, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10051067>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/5/1067>. Acesso em: 5 out. 2021.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

RENHE, Isis Rodrigues Toledo; PERRONE, Ítalo Tuler; SILVA, Paulo Henrique da Fonseca Da. **Leite Condensado - Identidade, qualidade e tecnologia**. 1º edição ed. Juiz de Fora.

RJABOVA, A. E.; KIRSANOV, V. V.; STRIZHKO, M. N.; BREDIKHIN, A. S.; SEMIPYATNYI, V. K.; CHERVETSOV, V. V.; GALSTYAN, A. G. Lactose crystallization: Current issues and promising engineering solutions. **Foods and Raw Materials**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 66–73, 2013. DOI: <https://doi.org/10.12737/1559>. Disponível em: <https://jfrm.ru/en/issues/62/650/>. Acesso em: 1 ago. 2022.

ROBERT, Christian. Bulletin of the International Dairy Federation 417/2007 - The health benefits of milk and dairy products. **Australian Journal of Dairy Technology**, [S. l.], v. 62, n. 2, p. 3, 2007. Disponível em: <https://shop.fil->

idf.org/collections/publications/products/the-health-benefits-of-milk-and-dairy-products. Acesso em: 29 jul. 2022.

ROCHA-MENDOZA, Diana et al. Invited review: Acid whey trends and health benefits. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 104, n. 2, p. 1262–1275, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19038>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030220310559>. Acesso em: 5 out. 2021.

ROCHA, Denis Teixeira Da; CARVALHO, Glauco Rodrigues; BERNARDO, William Fernandes; RENTERO, Nelson; ALBUQUERQUE, Altair. Anuário Leite 2022 Embrapa. [S. l.], p. 3, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SÁ, Jaqueline Flaviana Oliveira De; PERRONE, Ítalo Tuler; SILVA, Paulo Henrique Fonseca Da; FARIA, Larissa Mara Gomes Chagas De; COLOMBO, Monique. Microbiological profile of sweetened condensed milk produced in Brazil. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, [S. l.], v. 364, p. 42–45, 2008. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/63/69>. Acesso em: 11 ago. 2022.

SANTOS, MARCELO CERQUEIRA DOS. Caracterização e avaliação microscópica de leites condensados produzidos no Brasil - Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/1779/1/marcelocerqueiradossantos.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SCHUMACHER, Andrea Bordin. Potencial de utilização de análises de imagens e análises térmicas na cristalização de açúcares em leite condensado. Tese (Doutorado em Engenharia. Área de concentração: Fenômenos de Transporte e Operações unitárias) - Universidade Federal do Rio Grande d. Porto Alegre, p. 74, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/131038>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SEIFU, Eyassu; BUYS, Elna M.; DONKIN, E. F. Significance of the lactoperoxidase system in the dairy industry and its potential applications: a review. **Trends in Food Science & Technology**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 137–154, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.11.002>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224404002523>. Acesso em: 27 out.

2021.

SHAMMET, Khalid M.; BROWN, Rodney J.; MCMAHON, Donald J. Proteolytic Activity of Proteinases on Macropeptide Isolated from κ -Casein. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 75, n. 6, p. 1380–1388, 1992. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77890-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77890-4). Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030292778904>. Acesso em: 26 nov. 2021.

SHIMODA, M.; YOSHIMURA, Y.; YOSHIMURA, T.; NODA, K.; OSAJIMA, Y. Volatile flavor compounds of sweetened condensed milk. **Journal of Food Science**, [S. l.], v. 66, n. 6, p. 804–807, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15176.x>. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15176.x#:~:text=Major volatile compounds were 10,lactones may contribute as well>. Acesso em: 15 ago. 2022.

SIDDIQUE, Nure Alam; ISLAM, Nurul; HABIB, Rezwanul; HARUN-UR-RASHID; ISLAM, Ahidul; AFRIN, Samia. Evaluation of the quality of sweetened condensed milk of different brands available in local markets of Bangladesh. **International Journal of Natural and Social Sciences**, [S. l.], n. January, p. 64–70, 2017. Disponível em: <https://ijnss.org/wp-content/uploads/2017/01/IJNSS-V4I1-08-pp-64-70.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

SILVA, Fernanda Lopes Da; FERREIRA, Hiani Aparecida Lima; CARVALHO, Antônio Fernandes De; PERRONE, Ítalo Tuler. Efeito Do Soro De Leite No Processo De Concentração Do Doce De Leite Pastoso. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 68, p. 20–24, 2013. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/39/44>. Acesso em: 22 out. 2022.

SILVEIRA, Arlan Caldas Pereira; TANGUY, Gaëlle; PERRONE, Ítalo Tuler; JEANTET, Romain; DUCEPT, Fabrice; DE CARVALHO, Antônio Fernandes; SCHUCK, Pierre. Flow regime assessment in falling film evaporators using residence time distribution functions. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 160, p. 65–76, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877415001077?via%3Di%3Dhub>. Acesso em: 13 ago. 2022.

SIMÕES, Livia S.; ARAÚJO, João F.; VICENTE, António A.; RAMOS, Oscar L. Design of β -lactoglobulin micro- and nanostructures by controlling gelation through

physical variables. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 100, n. July 2019, p. 105357, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105357>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X19304369?via%3Dihub>. Acesso em: 5 out. 2021.

SINGH, Anamika; AHMAD, Nabeel; VARADARAJAN, Ashwin; VIKRAM, Naval; SINGH, T. P.; SHARMA, Sujata; SHARMA, Pradeep. Lactoferrin, a potential iron-chelator as an adjunct treatment for mucormycosis – A comprehensive review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 187, n. July, p. 988–998, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.156>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014181302101607X?via%3Dihub>. Acesso em: 27 out. 2021.

SIQUEIRA, K.B., ROCHA, D.T., DINIZ, F.H., CARVALHO, G.R., CHAVES, D. O. Consumo de Lácteos na Pandemia. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Juiz de Fora, p. 1–24, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132133/consumo-de-lacteos-na-pandemia-principais-mudancas-no-comportamento-do-consumidor-brasileiro-de-leite-e-derivados-durante-a-pandemia-de-covid-19>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SIQUEIRA, Kennya Beatriz; OLIVEIRA, Rafaela Neto. **Na era do consumidor: Uma visão do mercado lácteo Brasileiro**. Juiz de Fora: 2021, 2021. v. 7 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625. Acesso em: 28 jul. 2022.

SIROĚIĆ, A. Ptiček; KREHULA, Lj Kratofil; KATANĚIĆ, Z.; HRNJAK-MURGIĆ, Z. Characterization of casein fractions - Comparison of commercial casein and casein extracted from cow's milk. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 501–509, 2016. DOI: <http://dx.doi.ez34.periodicos.capes.gov.br/10.15255/CABEQ.2015.2311>. Disponível em: <https://go-gale.ez34.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?p=AONE&u=capes&id=GALE%7CA573558229&v=2.1&it=r>. Acesso em: 29 jul. 2022.

WALSTRA, Pieter; WOUTERS, Jan T. M.; GEURTS, Tom J. **Dairy Science and Technology (2nd ed.)**. Second Edit ed. [s.l.: s.n.]. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420028010>. Disponível em: <https://ebooks.foodtechlearning.xyz/2020/12/dairy-science-and-technology-by-pieter.html?m=1>. Acesso em: 30 jul. 2022.

WEN-QIONG, Wang; LAN-WEI, Zhang; XUE, Han; YI, Lu. Cheese whey protein recovery by ultrafiltration through transglutaminase (TG) catalysis whey protein cross-linking. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 215, p. 31–40, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.057>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616310792>. Acesso em: 25 out. 2021.

WESTERGAARD, V. **Milk Powder Technology: Evaporation and Spray Drying**. Fifth Edit ed. [s.l.] : GEA Process Engineering, 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/35036881/Milk_Powder_Technology_Evaporation_and_Spray_Drying.

WHERRY, Bryan; BARBANO, David M.; DRAKE, Mary Anne. Use of acid whey protein concentrate as an ingredient in nonfat cup set-style yogurt. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 102, n. 10, p. 8768–8784, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16247>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030219306381>. Acesso em: 2 nov. 2021.

WIJAYANTI, Heni B.; BANSAL, Nidhi; DEETH, Hilton C. Stability of Whey Proteins during Thermal Processing: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 1235–1251, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12105>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12105>. Acesso em: 5 out. 2021.

WIT, J. N. De. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 81, n. 3, p. 597–608, 1998. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75613-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75613-9). Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030298756139>. Acesso em: 26 nov. 2021.

WOZNIAK, Dagmara; CICHY, Wojciech; DOBRZYNSKA, Małgorzata; PRZYSŁAWSKI, Juliusz; DRZYMAŁA-CZY, Sławomira. Reasonableness of Enriching Cow's Milk with Vitamins and and Minerals. **Foods**, [S. l.], n. October, p. 23–27, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11081079>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/8/1079>. Acesso em: 30 jul. 2022.

Y. H. HUI. **Dairy Science and Technology Handbook**. 1992.

YADAV, Jay Shankar Singh; YAN, Song; PILLI, Sridhar; KUMAR, Lalit; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R. Y. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. **Biotechnology Advances**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 756–774, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>. Acesso em: 5 out. 2021.

ZACARCHENCO, Patrícia Blumer; VAN, Dender; FERNANDES, Ariene Gimenes; REGO, Raul Amaral. **Tendências do mercado de produtos lácteos**. 1ª edição ed. [s.l.] : ITAL, 2017. Disponível em: <http://brasildairyrends.com.br/2/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

ZYDNEY, Andrew L. Protein Separations Using Membrane Filtration: New Opportunities for Whey Fractionation. **International Dairy Journal**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 243–250, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00045-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00045-4). Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694698000454>. Acesso em: 26 nov. 2021.