



**INSTITUTO
FEDERAL**
Rio de Janeiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

**Programa de Pós- Graduação Stricto Sensu Mestrado
Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**Roberta Cristina de Lima Gomes dos
Santos Lasset**

**BEBIDA CARBONATADA À BASE DE
SORO DE LEITE PERMEADO COM
ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS**

**Rio de Janeiro
2024**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
RIO DE JANEIRO

Roberta Cristina de Lima Gomes dos Santos Lasset

**BEBIDA CARBONATADA À BASE DE SORO DE LEITE PERMEADO COM
ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS**

Rio de Janeiro
2024

Ficha catalográfica elaborada por
Anderson Morais Chalaça
CRB7 5661

L339b Lasset, Roberta Cristina de Lima Gomes dos Santos.
Bebida carbonatada à base de soro de leite permeado com
adição de prebióticos. / Roberta Cristina de Lima Gomes dos
Santos Lasset. – Rio de Janeiro, 2024.
84 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, 2024.

Orientador: Prof.º Dr.º Adriano Gomes Cruz.

1. Soro de leite – Utilização. 2. Bebidas carbonatadas –
Desenvolvimento. 3. Prebióticos – Adição. I. Cruz, Adriano
Gomes. II. Título.

IFRJ/CMAR/CoBib

CDU 637.344:663.82:612.39

ROBERTA CRISTINA DE LIMA GOMES DOS SANTOS LASSET

**BEBIDA CARBONATADA À BASE DE SORO DE LEITE PERMEADO COM
ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS**

Dissertação apresentada como requisito para a conclusão do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Gomes Cruz

RIO DE JANEIRO
2024

ROBERTA CRISTINA DE LIMA GOMES DOS SANTOS LASSET

**BEBIDA CARBONATADA À BASE DE SORO DE LEITE PERMEADO COM
ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS**

Dissertação apresentada como requisito para a conclusão do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Aprovada em 18 de dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO GOMES DA CRUZ**
Data: 15/05/2025 19:44:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Adriano Gomes Cruz (orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

Documento assinado digitalmente
 **GISELLE DUARTE DE OLIVEIRA**
Data: 15/05/2025 19:33:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a Giselle Duarte de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
(IFRJ)

Documento assinado digitalmente
 **DENISE ROSANE PERDOMO AZEREDO**
Data: 15/05/2025 17:51:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a Denise Rosane Perdomo Azeredo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo, principalmente por me conceder saúde, sabedoria, resiliência, sendo minha força e o meu guia em todos os momentos.
Aos meus pais que, por toda educação, todo apoio, todo ensinamento e exemplo que são.

Ao meu esposo, por todo apoio e amor.

À minha doce e amada Ester, minha motivação diária, minha luz, por ter aceitado minha ausência durante esse período.

Ao meu orientador, professor, pesquisador Dr. Adriano Gomes por ter acreditado em mim, pela orientação e dedicação durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

Obrigado por não desistir de mim, obrigado por todo apoio e dedicação.

Aos meu coorientador Dr. Junio César Jacinto de Paula, pela orientação valiosa durante o processo de fabricação das bebidas.

Aos meus amigos e companheiros do mestrado, que foram essenciais nessa jornada.

Aos meus professores do mestrado, os quais admiro pela competência.

Muito obrigada!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Fluxograma do processamento de queijos.

Figura 2- Ultrafiltração usada para separação do concentrado e permeado

Figura 3- Comportamento de fluxo da bebida de soro carbonatada sabor limão. GOS = Galacto-oligossacarídeos, FOS = Frutooligossacarídeos, XOS = Xilo-oligossacarídeos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- ANOVA de afinidade dinâmica.

Tabela 2. Parâmetros de cor das amostras

Tabela 2- Resultados dos modelos de regressão considerando a temporalidade.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Referencial Teórico.....	12
2.1 Soro de leite.....	12
2.2 Soro permeado de ultrafiltração.....	15
2.3. Aproveitamento do soro permeado de ultrafiltração.....	16
2.4 Bebida láctea.....	17
2.5 Carbonatação.....	18
2.6 Prebióticos.....	19
2.6.1. <i>Fruto-oligossacarídeos (FOS)</i>	19
2.6.2. <i>Galacto-oligossacarídeos (GOS)</i>	20
2.6.3. <i>Xilo-oligossacarídeos (XOS)</i>	21
2.6.4. <i>Inulina</i>	21
2.7. Redução de açúcares em bebidas.....	22
3. Objetivos.....	23
3.1. Objetivo geral.....	23
3.2. Objetivos específicos.....	23
4. Justificativa.....	24
5. Material e Métodos.....	25
5.1. Obtenção do permeado de ultrafiltração.....	26
5.2. Etapas do processamento do refrigerante do permeado de soro de leite....	26
6. Análises físico-químicas.....	30
6.1. Reologia.....	31
6.2. Cor.....	31
6.3. Sólidos solúveis e pH.....	32

6.4. Análise Sensorial.....	32
6.5. Fluxo de teste.....	33
6.6. CATA por período.....	33
6.7. Avaliação dinâmica de gostos.....	34
6.8. Análise de dados.....	34
7. Análise do comitê de ética em pesquisa.....	36
8. Resultados e discussão.....	37
8.1. Sólidos solúveis e pH.....	37
8.2. Parâmetros óticos.....	39
8.3 Reologia.....	40
8.4 . Avaliação de Aceitação Dinâmica.....	41
9. Conclusão.....	48
10. Referências Bibliográficas.....	50
11.Desenvolvimento.....	62
11.1. Capítulo 1- Aspectos tecnológicos no processamento de bebidas lácteas carbonatadas á base de soro de leite.....	63
11.2. Capítulo 2- Soro de leite e seus benefícios para indústria de alimentos e consumidores.....	68
11.3. Capítulo 3- Refrigerante de soro de leite: Uma inovação da indústria de laticínios.....	76
11.4. Capítulo 4- Redução de açúcar em produtos lácteos: Prebióticos podem ser uma alternativa?.....	67

RESUMO

O estudo teve como objetivo desenvolver uma bebida carbonatada à base de soro de leite permeado de ultrafiltração, utilizando ingredientes prebióticos como fruto-oligossacarídeos (FOS), galacto-oligossacarídeos (GOS), xilo-oligossacarídeos (XOS) e inulina como substitutos do açúcar. As formulações desenvolvidas foram submetidas a análises físico-químicas, incluindo pH, cor, viscosidade e sólidos solúveis, bem como análises sensoriais detalhadas. A adição de prebióticos não apenas reduziu o teor de açúcar das bebidas, mas também promoveu benefícios à saúde associados às suas propriedades funcionais. Os resultados demonstraram que o FOS proporcionou a maior aceitação sensorial e estabilidade físico-química, enquanto outras formulações com prebióticos apresentaram menor dulçor e aceitação. A carbonatação desempenhou um papel importante na melhoria das propriedades organolépticas, conferindo características refrescantes e inovadoras ao produto. Este estudo destaca o potencial de aproveitamento do soro de leite como uma matéria-prima sustentável e valiosa, contribuindo para a redução de resíduos industriais e para a introdução de um produto funcional no mercado de bebidas.

Palavras-chave: soro de leite, bebida carbonatada, prebióticos, redução de açúcar, sustentabilidade.

ABSTRACT

The study aimed to develop a carbonated beverage based on ultrafiltration whey permeate, using prebiotic ingredients such as fructooligosaccharides (FOS), galactooligosaccharides (GOS), xylooligosaccharides (XOS), and inulin as sugar substitutes. The developed formulations were subjected to physicochemical analyses, including pH, color, viscosity, and soluble solids, as well as detailed sensory analyses. The addition of prebiotics not only reduced the sugar content of the beverages but also promoted health benefits associated with their functional properties. The results showed that FOS provided the highest sensory acceptance and physicochemical stability, whereas other formulations with prebiotics exhibited lower sweetness and acceptance levels. Carbonation played a crucial role in enhancing the organoleptic properties, offering refreshing and innovative characteristics to the product. This study highlights the potential of whey as a sustainable and valuable raw material, contributing to the reduction of industrial waste and the introduction of a functional product in the beverage market.

Keywords: whey, carbonated drink, prebiotics, sugar reduction, sustainability.

1. Introdução

Com o aumento da produtividade na indústria de alimentos e bebidas, surge também a preocupação em relação à preservação do meio ambiente, as indústrias possuem um grande desafio na questão do tratamento dos seus subprodutos e resíduos resultantes dos seus processos produtivos. Em indústrias de queijos, o principal subproduto gerado é o soro de leite, que durante o processo é separado, pois não é de interesse para fabricação dos queijos e representa cerca de 90% da composição do leite (PHITAN E SILVA et al., 2017). O soro do leite é considerado um resíduo perigoso ao meio, pois caso seja descartado de forma incorreta é responsável por diversos danos ambientais, principalmente nos meios aquáticos, devido à sua grande carga orgânica e alta demanda de oxigênio na sua decomposição (NUNES et al., 2018).

Segundo (REIS, 2011), a uma grande necessidade em desenvolver novos produtos, especialmente utilizando subprodutos provenientes dos processos de fabricação de alimentos, é algo que apresenta amplos estudos, pois o objetivo principal é evitar toda forma de desperdício, assim podendo otimizar processos atuais.

As indústrias estão investindo em diferentes recursos tecnológicos para desenvolver alimentos que sejam saudáveis, práticos e que agradem os consumidores atuais, além da redução de custos em seus processos.

Seguindo tais avanços tecnológicos, a área de produtos lácteos não ficou para trás. O leite, matéria-prima para diversos produtos lácteos (queijos, requeijão, *in natura*, pó, fermentado ou não) possui nutrientes importantes para o ser humano, sendo assim um alimento saudável. Entre os produtos de maior aceitação no mercado, destacam-se os queijos e as bebidas lácteas. Essas são elaboradas a partir de soro de leite, extraído da coagulação química ou enzimática de queijos ou caseína, o que antes era considerado resíduo das indústrias de laticínios, e hoje é o principal subproduto da área, justamente para elaboração das bebidas lácteas, fermentadas ou não.

O permeado é produzido através do processo de ultrafiltração, realizado através de membranas que separam os componentes com base no tamanho

molecular. Moléculas grandes são geralmente retidas na membrana e

denominadas retentado, enquanto moléculas pequenas, como os açúcares, minerais e vitaminas, passam através da membrana junto do solvente, que é denominado permeado (PRUKSASRI, 2015).

A ultrafiltração é um processo amplamente utilizado nas indústrias de alimentos. Nos laticínios, a ultrafiltração vem sendo utilizada para concentrar proteínas do leite e do soro de leite, a fim de produzir produtos com alto teor de proteínas, concentrado de proteína de soro de leite e isolado de proteína de soro de leite (ETZEL e ARUNKUMAR, 2015; MOHAMMAD, et al., 2012).

A fim de conferir leveza à bebida láctea surgiu a ideia de inserir a técnica de carbonatação muito comum aos refrigerantes e as águas minerais e saborizadas. A técnica de dissolução de dióxido carbono (CO_2) à bebida láctea promoverá as características de efervescência e refrescância, o que promove um produto inovador. A carbonatação é um método conhecido por ser simples e barato, reconhecido como seguro e viável em produtos lácteos (MERMELSTEIN, 1997; RAVINDRA et al., 2011).

O presente estudo tem como principal objetivo descrever as principais alternativas para o aproveitamento e valorização do soro de leite, levando em consideração sua elevada qualidade nutricional, consequentemente, minimizando impactos ambientais gerados pelo seu alto poder poluente. Logo, este estudo teve como objetivo desenvolver uma bebida carbonatada à base de soro de leite permeado de ultrafiltração com adição de prebióticos.

2. Referencial Teórico

2.1. Soro de leite

O soro de leite é um resíduo abundante na produção de queijos. Este produto é nutritivamente rico, mas por outro lado é um efluente que apresenta uma elevada capacidade poluente ao meio ambiente devido ao seu alto teor de matéria orgânica, o que provoca graves problemas ambientais. (PRUDÊNCIO e CASTRO, 2011). O soro costumava ser tratado da maneira mais barata possível como por exemplo: ração animal, devido às restrições no descarte de soro não tratado.

Com o desenvolvimento tecnológico na indústria de laticínios, juntamente com pesquisas científicas, o soro de leite foi convertido em uma matéria-prima

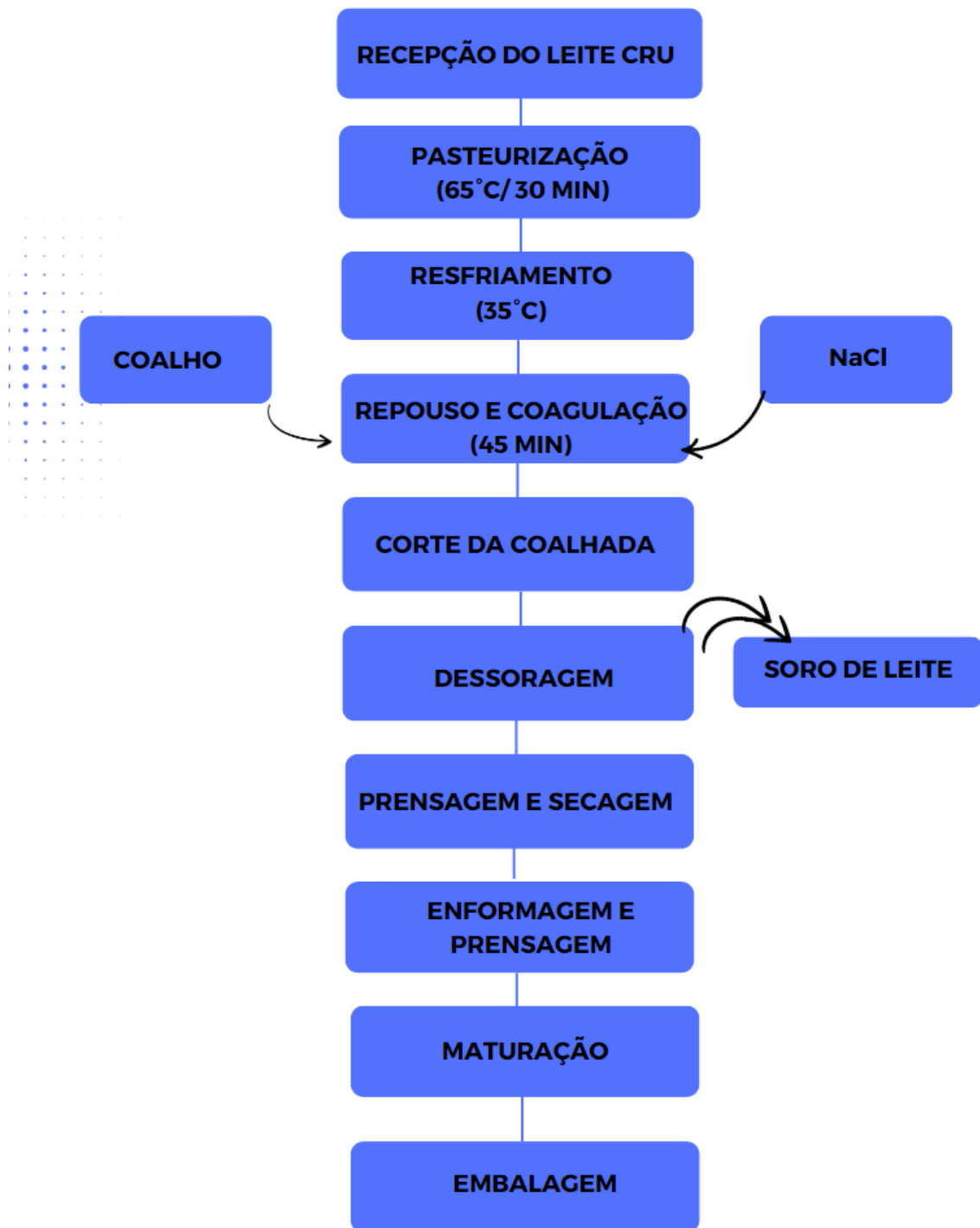
valiosa

com o mesmo valor do queijo. Hoje, os ingredientes à base de soro de leite apresentam crescimento rápido no mercado em comparação aos demais produtos lácteos, o mercado apresenta crescimento financeiro projetado para atingir até 2025 a marca de US\$ 81,4 bilhões (MARKETS, 2020).

De acordo com a descrição de (PAGNO et al.,2009), a composição do soro contém cerca de 3,8 a 4,2% de lactose, 0,8 a 1,0% de proteínas e 0,7 a 0,8% de minerais. Na Figura 1 o fluxograma do processamento de queijos.

Figura 1 - O fluxograma do processamento de queijos. (Adaptado de Andrade, 2019).

FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DE QUEIJOS



O soro de leite pode ser obtido em dois tipos: soro ácido e soro doce. As principais diferenças entre os dois tipos encontram-se no conteúdo mineral e pH (LOURENÇO, 2014). Segundo Aires (2010), o soro ácido é produzido na fabricação de caseinato e de queijo do tipo Cottage, no qual o leite tem seu pH ajustado para 4,6, utilizando a adição de ácido, ou pela adição de cultura bactéria láctica, onde ocorre a coagulação da caseína, gerando o soro ácido. O soro doce é o tipo de soro mais facilmente encontrado, pois é gerado a partir da produção de queijos amadurecidos duros, semi-duros ou macios. No caso do soro doce, é realizada a inoculação do leite com culturas de bactérias lácticas, seguida da coagulação enzimática, utilizando-se a renina. O soro doce possui pH entre 5,9 a 6,6 e geralmente possui um teor de lactose maior que o soro ácido e menor concentração em sais minerais.

Andrade (2019) explica que o soro de leite geralmente é despejado junto com os demais efluentes do processo, tal fato dificulta ainda mais o processo de tratamento por métodos convencionais.

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2016 foram produzidas cerca de 906 mil toneladas de queijos no Brasil, consequentemente gerando um alto volume de soro de leite. Estudos apontam que em 2012 cerca de 40% do soro de leite produzido no Brasil ainda era descartado de forma inadequada, enquanto em 2008 em países desenvolvidos como Estados Unidos e Irlanda, o percentual de soro de leite reaproveitado e/ou utilizado para geração de novos produtos já se aproximava de 100% (NUNES et al., 2018).

2.2. Soro permeado de ultrafiltração

O soro permeado é o soro de leite que passou por um processo de filtração para separar componentes indesejados, como algumas proteínas e minerais, deixando um líquido mais limpo. (PRUKSASRI,2015).

O método utilizado para a obtenção do permeado foi aderido ao grupo de métodos comumente aplicados por volta do ano de 1970, esse meio de separação funciona como uma barreira seletiva para o transporte de componentes entre duas soluções a partir da aplicação de uma força externa.

As membranas sintéticas têm o intuito de reproduzir membranas naturais, trazendo suas características de seletividade e permeabilidade, é formada por uma fina camada de material orgânico ou inorgânico que separa a corrente de alimentação em concentrado e permeado, a parcela retida e removida, respectivamente, a quantidade que irá atravessar a membrana depende do tamanho dos poros de cada uma, que varia de acordo com a necessidade do produto. (ETZEL; ARUNKUMAR,2015).

Nas indústrias de laticínios o método mais utilizado é o processo de ultrafiltração, que é representado na **Figura 2**, que consiste na separação por membrana, empregado para reter macromoléculas do leite, proporcionando uma variação da concentração dos componentes do soro e do leite, pois retém proteínas e possui permeabilidade seletiva de minerais, lactose, água e compostos com baixa massa molar (BALDASSO, 2011).



Figura 2 – Ultrafiltração usada para separação do concentrado e permeado (PENTAIR, 2018).

O permeado obtido pela ultrafiltração possui alto potencial poluente, pois possui 90% dos sólidos totais do soro original, tem uma elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em função da lactose contida (ANDRADE e MARTINS, 2002) afirmando a necessidade de utilização e do impacto causado quando descartado junto aos demais efluentes das fábricas e apresenta pouca ou nenhuma aplicação industrial. Por isso, novas aplicações a fim de agregar valor ao permeado devem ser estudadas.

2.3. Aproveitamento do soro permeado de ultrafiltração

O permeado de soro de ultrafiltração apresenta uma solução rica em lactose (CHEN et al., 2019), tal fato motiva a sua utilização como fonte de lactose e

tem

sido aplicada por alguns laticínios (PARASHAR et al., 2015). A lactose é um importante ingrediente no processamento de alimentos. Para recuperação da lactose presente no permeado de soro de ultrafiltração é necessário à sua desidratação e desmineralização. O processo de concentração do permeado é feito em evaporadores, onde a lactose é cristalizada a partir do concentrado e separada, dando origem à lactose em pó. O permeado de soro pode ser desmineralizado antes da desidratação, através de nanofiltração, para remoção dos sais minerais e para aumento da concentração de lactose (CHEN et al., 2019).

O estudo realizado por Massari (2018) foi utilizado o permeado de soro em pó micronizado em substituição à lactose micronizada para fabricação de leite condensado. A lactose micronizada é utilizada a fim de induzir a cristalização orientada. A utilização do permeado não afetou as características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e reológicas do leite condensado. Logo a sua utilização apresentou uma excelente alternativa para o emprego do permeado de soro.

O permeado de soro também pode ser utilizado como substituto de outros sólidos lácteos funcionando como fonte de lactose e proteínas em produtos de panificação. Sua utilização pode conferir crosta marrom aos produtos de panificação, melhorando assim a aparência, cor, sabor e textura do produto. Sua aplicação também pode auxiliar na redução da quantidade de açúcar, utilizados nos produtos panificados. (GERDES; RICHLANDTOWN, 2011).

O aproveitamento do permeado de soro de ultrafiltração para elaboração de bebida funcional, com corantes naturais extraídos do açaí. A bebida além de ser uma fonte de carboidratos e sais minerais, constituintes do permeado, também se mostrou fonte de antocianinas e polifenóis. Esses compostos conferiram a bebida propriedades bioativas, possibilitando a sua classificação como alimento funcional conforme estudo realizado por Sabioni *et al.* (2016).

2.4. Bebida láctea

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de bebida Láctea, um produto lácteo é resultante da mistura de leite (in natura, pasteurizado,

esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semi desnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e o soro de leite (líquido, concentrado e em pó) adicionado ou não de produtos ou substâncias alimentícias, gordura vegetal, leite fermentado, fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. A base láctea representa cerca de 51% de massa do total de ingredientes do produto (BRASIL, 2005).

As bebidas lácteas podem ser classificadas como pasteurizadas quando o produto é submetido à temperatura de pasteurização lenta entre 62°C e 65°C por 30 minutos e pasteurização rápida de 73°C a 75°C durante 15 a 20 segundos e resfriada entre 2°C e 5°C, em seguida envasada (VIDAL e NETTO, 2018). A segunda alternativa é a bebida láctea UHT submetida durante 2 a 4 segundos, a uma temperatura entre 130 e 150 °C, em um processo térmico de fluxo contínuo, imediatamente resfriado a uma temperatura inferior a 32°C e envasado sob condições assépticas em embalagens estéreis e hermeticamente fechadas (BRASIL, 2005). A terceira alternativa é a bebida láctea fermentada com ação de cultivo de microrganismos específicos e/ou adicionado de leite fermentado e que não poderá ser submetido a tratamento térmico após fermentação. Para contagem total das bactérias lácticas viáveis deve ser, no mínimo, de 1000000 UFC/g, no produto final, para o cultivo láctico específico empregado durante todo prazo de validade (BRASIL, 2005; VIDAL e NETTO, 2018).

2.5. Carbonatação

A carbonatação fornece sensações de efervescência e tato, o que contribuem para um novo paladar. O processo de carbonatação é barato, seguro e aparentemente não tem efeitos negativos sobre a cultura láctea (JARDIM, 2012; e WHITE, 2001).

Existem diversos tipos de processos de carbonatação em bebidas, porém o método mais analisado e mais adequado, por se tratar de uma bebida láctea viscosa é a injeção de carbono gasoso (dióxido de carbono). A carbonatação pode inibir ou até aumentar a taxa de crescimento microbiano e contaminantes no iogurte (JARDIM, 2012).

Durante o processo de introdução de carbonatação nas bebidas lácteas

acontece uma leve diminuição do pH, essa diminuição pode promover a precipitação das proteínas do leite, quando a bebida apresenta o pH abaixo do ponto isoelétrico da caseína (pH 4,6), para que não aconteça essa precipitação é indicado que o processo de fermentação seja interrompido em pH 4,8 (JARDIM, 2012 e PAULA, 2005).

A adição de CO₂ nas bebidas é realizada sob altas pressões e baixas temperaturas, para a maioria das bebidas enlatadas ou engarrafadas. A concentração de CO₂ mais utilizada para bebidas carbonatadas não alcoólicas é de 3 a 4,5 volumes. (PELCHAT et al., 2014). Cada tipo de produto necessita de equipamentos específicos para adição de CO₂. No caso de produtos lácteos líquidos, há possibilidade de desenvolvimento de produtos "gasosos". Os carbonatadores utilizados em indústrias de bebidas podem ser adaptados para operar em laticínios no processo de fabricação de bebidas lácteas (LOSS; HOTCHKISS, 2003).

2.6. Prebióticos

Prebióticos são substratos utilizados seletivamente por microrganismos hospedeiros, conferindo benefício à saúde. Os prebióticos servem como substrato para bactérias benéficas, principalmente bifidobacterianas ssp. e Lactobacilli ssp., presentes no trato gastrointestinal (Martín, 2022). Durante o processo de fermentação realizado pela microbiota intestinal, contribuem para a produção de ácidos graxos de cadeia curta, que desempenham um papel na regulação dos processos fisiológicos no cólon e na promoção da função intestinal adequada (Colantonio, 2020). Os prebióticos podem ser classificados em 3 grupos principais: polióis contendo lactulose, lactitol xilitol e manitol; oligossacarídeos contendo FOS, GOS, isomalto-oligossacarídeo (IMO), xilo-oligossacarídeo (XOS), inulina, entre outros; e fibras. (Farias, 2019). Os prebióticos podem ser de origem animal ou vegetal, obtidos de fontes microbiológicas e produzidos por vias químicas e enzimáticas.

2.6.1. Fruto-oligossacarídeos (FOS)

Os fruto-oligossacarídeos (FOS) são um tipo de carboidrato classificado como

fibras dietéticas solúveis. Eles são compostos por cadeias curtas de unidades de açúcares, como frutose, ligadas entre si. Os FOS são encontrados naturalmente em certos alimentos, como frutas, vegetais e cereais, entre outros alimentos (Moctezuma, 2022). Além de serem encontrados em fontes naturais, também podem ser produzidos a partir da hidrólise da inulina ou por via enzimática através da sacarose (Macedo, 2020).

Esses polissacarídeos são caracterizados como açúcares não redutores, apresentam boa estabilidade em valores de pH entre 3 e 7, suportam temperaturas de até 140 °C, possuem aproximadamente um terço da doçura da sacarose e com baixo valor calórico (Moctezuma, 2022). Com essas características não participam da reação de Maillard, não são suscetíveis à caramelização e podem ser adicionados a produtos que são processados em altas temperaturas, como produtos pasteurizados (Filho, 2019).

Os FOS além de sua função prebiótica, também são usados como substitutos do açúcar em alimentos de baixa caloria. Eles possuem propriedades não cristalizantes e não precipitantes (Teotônio, 2021). Os fruto-oligossacarídeos são considerados um dos prebióticos mais estudados e importantes devido suas propriedades funcionais e potencial econômico (Singh, 2016).

2.6.2. Galacto-oligossacarídeos (GOS)

Os galacto-oligossacarídeos (GOS) são um tipo de oligossacarídeo, um carboidrato que consiste em cadeias curtas de unidades de açúcar, geralmente galactose. Assim como os fruto-oligossacarídeos (FOS), os GOS são considerados prebióticos, o que significa que estimulam o crescimento e a atividade de bactérias benéficas no trato gastrointestinal (Ambroggi, 2023). Eles são encontrados naturalmente em alimentos e podem ser produzidos industrialmente através da transgalactosilação enzimática da lactose pela enzima β -galactosidase (Olivares, 2022).

A lactose utilizada para obtenção do GOS vem de subprodutos industriais, como soro de leite e permeado de soro de leite, para reduzir o custo de produção e evitar o descarte desses subprodutos (Catenza, 2021).

Os GOS possuem alta solubilidade, apresentam ótima estabilidade em uma ampla faixa de pH, tem baixo valor calórico e o seu poder adoçante é 35% do

valor da sacarose (González, 2016).

2.6.3. Xilo-oligossacarídeos (XOS)

Os xilo-oligossacarídeos (XOS) são um tipo de oligossacarídeo que consiste em cadeias curtas de unidades de xilose, um tipo de açúcar. Esses compostos são considerados prebióticos, o que significa que eles estimulam seletivamente o crescimento e a atividade de bactérias benéficas no intestino. (Yang, 2022). Presentes em vegetais, leite e mel, são produzidos comercialmente através da hidrólise da xilana presente em materiais lignocelulósicos por enzimas endoxilanase (Ferrão, 2018).

Os XOS exibem boa estabilidade em altas temperaturas e pH ácido, têm poder adoçante, baixo poder calórico e podem ser usados como adoçantes com aproximadamente 30% da doçura da sacarose (Michelin, 2020), não apresenta sabor residual e podem prevenir a retrogradação do amido, melhorando as propriedades nutricionais e sensoriais dos alimentos (Filho, 2019).

Estudos apresentam que a quantidade de XOS necessária para alcançar o efeito prebiótico é de 1,4 a 2,8 g/dia, tornando o XOS um prebiótico econômico em comparação com outras substâncias que requerem concentrações mais elevadas para exercer os efeitos semelhantes (Santibáñez, 2021).

2.6.4. Inulina

A inulina é um tipo de carboidrato que pertence à família dos fruto-oligossacarídeos (FOS). Ela é uma fibra solúvel encontrada em várias plantas, sendo especialmente abundante em raízes e rizomas de certos vegetais. Alguns dos alimentos que contêm inulina incluem chicória, alcachofras, cebolas, alho, aspargos, bananas e trigo (Muñoz, 2021).

Na indústria alimentícia, a inulina é utilizada tanto por suas propriedades tecnológicas quanto por seus benefícios à saúde do consumidor. Entre suas propriedades tecnológicas, a inulina tem sido utilizada por suas características tecnológicas, tais como: capacidade de formação de gel (Florowska, 2020), estabilização de emulsões, modificação de textura, substituto de gordura (Illippangama, 2022) e minimização dos efeitos de sedimentação em bebidas

(Du M, 2023) entre outras. Atua como prebiótico, substituto de gordura e açúcar

e possui aproximadamente 10% do poder adoçante da sacarose (Delgado, 2018 e Tsatsaragkou, 2021).

A inulina pode ser utilizada em alimentos dietéticos, pois possui baixo valor calórico (Du M, 2023). Apresenta melhor aceitabilidade intestinal do que polióis e fruto-oligossacarídeos, aumenta a absorção de cálcio, magnésio e ferro, promove alívio da constipação e reduz os níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos (Kaur, 2021) ajuda a regular o apetite.

2.7. Redução de açúcares em bebidas

O açúcar (sacarose) desempenha diversas funções nas bebidas, fornecendo dulçor, equilíbrio entre outros sabores, aumento da viscosidade, coloração, atua como conservante alimentar aumentando o prazo de validade (Mahato, 2020).

O consumo excessivo de açúcares adicionados contribui para aumento do peso corporal, risco de ocorrência de obesidade, doenças crônicas como diabetes do tipo 2. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda ingestão de menos 10% energia proveniente dos açúcares por dia. Conforme as diretrizes realizadas pela Public Health England (PHE) recomenda-se a redução de 20% de açúcares em alimentos e bebidas processados até 2020 (PH, 2017).

A redução do açúcar altera o nível de atividade da água (a_w) em bebidas à base de leite, possibilitando um ambiente favorável para escurecimento enzimático, crescimento microbiológico, oxidação lipídica (AZEREDO, 2016).

Para atingir as metas em relação a redução dos açúcares em alimentos e bebidas serão necessárias algumas estratégias para melhorar a percepção do consumidor, mudar o comportamento de compra para produtos com redução de açúcares, reformulação de bebidas e alimentos com redução ou sem adição de açúcares, impor impostos especiais sobre alimentos com açúcar são algumas dessas estratégias.

A reformulação de produtos por substituição parcial ou total de açúcares é um método amplamente utilizado na indústria de alimentos e bebidas. Diversos produtos, adoçantes são aplicados para ajuste de dulçor relativos a sacarose substituída. O grande desafio apresentado é em relação ao dulçor relativo dos

ingredientes adicionados, características sensoriais, percepção e aceitação do consumidor (Mahato, 2020).

Segundo relatório realizado pela Mordor Intelligence 2024, existe um aumento na procura dos consumidores por produtos com menor teor de açúcar como opções com baixas calorias. Alguns países utilizam políticas fiscais para reduzir o consumo de bebidas açucaradas, como aumento de impostos.

Para substituição de açúcar os produtos adicionados para ajuste de dulçor, corpo, viscosidade, sensação na boca devem apresentar algumas características específicas como poder dulçor semelhante ou maior a sacarose, sem odor, sem sabor, sem cor, estabilidade térmica e química, baixa calorias, compatibilidade com os demais ingredientes (ANTUNES, 2017).

Para alcançar um bom resultado na redução de açúcar é possível adicionar agentes de volume, alguns prebióticos tais como frutooligossacarídeos (FOS) e inulina são algumas opções para ajuste de dulçor e adição de produtos funcionais (Buttriss, 2017).

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

Avaliar o desenvolvimento de uma bebida à base de soro de leite permeado de ultrafiltração com adição de prebióticos.

3.2. Objetivos específicos

- Analisar diferentes formulações de bebidas com adição de açúcar e sem adição de açúcar com substituição de prebióticos;
- Caracterizar a formulação da bebida com relação às propriedades físico-químicas;
- Avaliar a estabilidade em relação ao pH e acidez das bebidas durante o período de armazenamento, a fim de garantir a qualidade do produto final;
- Avaliar de forma sensorial a aceitação das bebidas;
- Apresentar soluções para o tratamento dos resíduos gerados na indústria de produtos lácteos;
- Entender a viabilidade técnica de produção de um novo produto.

4. Justificativa

Durante o processo de fabricação de queijos, aproximadamente 80-90% do volume de leite utilizado é expelido como soro de leite, sendo o fluxo de processo de maior volume da indústria de laticínios. O soro de leite contém componentes com propriedades nutricionais e tecnológicas como lipídios, minerais, proteínas

e lactose que juntamente com aplicação de novas tecnologias têm promovido a valorização desse subproduto.

Dado o volume, a composição e a carga orgânica, o soro costumava ser considerado como um resíduo que era tratado da forma mais barata possível (por exemplo, como ração animal) devido a restrições no descarte de soro não tratado. No entanto, os desenvolvimentos tecnológicos da indústria de laticínios, juntamente com pesquisas, converteram o soro de leite em uma matéria-prima valiosa com o mesmo valor do leite. Hoje, os ingredientes derivados do soro de leite mostram o crescimento mais rápido do mercado em comparação com qualquer outro ingrediente lácteo.

O processo de carbonatação, adição de CO₂ é amplamente utilizado em bebidas como cerveja e refrigerantes, e passou a ser utilizado em estudos para conservação de leite bacteriostático, principalmente sobre microrganismos psicrotróficos. Tais microrganismos produzem enzimas proteolíticas e lipolíticas responsáveis por defeitos de qualidade no leite cru e nos produtos processados. A adição do CO₂ além de proporcionar uma sensação de bebida carbonatada também pode prolongar a vida de prateleira do produto, funcionando também como um método de conservação.

A proposta dessa pesquisa é utilizar o soro de leite para produção de uma bebida carbonatada com prebióticos, apresentando assim uma alternativa de reaproveitamento de um resíduo com alto valor nutritivo, visando também minimizar o impacto de seu descarte inadequado no meio ambiente.

A introdução de prebióticos em bebidas não só melhora o perfil nutricional como também em diversas alterações físico-químicas, tecnológicas e sensoriais. Além disso, os prebióticos podem servir como substitutos de ingredientes prejudiciais à saúde. A escolha do prebiótico a ser adicionado a um produto alimentar depende da finalidade a que se destina e quais características tecnológicas são pretendidas.

5. Material e Métodos

As análises físico-químicas e a produção da bebida, em escala piloto, foram conduzidas no Laboratório de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

(Laboratório de PD&I) do Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT), em Juiz de Fora – MG. As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ).

5.1. Obtenção do permeado de ultrafiltração

Um volume de 50 litros de leite padronizado para 3% de gordura e a 65 °C, foi utilizado para a produção do permeado de ultrafiltração. O leite foi ultrafiltrado na unidade de ultrafiltração da marca REGINOX (capacidade de 300 litros por hora). Foram utilizadas membranas de ultrafiltração semipermeáveis de polietersulfona (KOCH MEMBRANE SYSTEMS, modelo KMS HFK TM-131 FOOD E DAIRY UF ELEMENTS, de 4" 3838-k131-VYT). Amostras do permeado obtido foram coletadas para realização de análises físico-químicas e o restante utilizado para a fabricação do refrigerante.

5.2. Etapas do processamento do refrigerante do permeado de soro de leite

Primeiro, um volume de 4,5 litros do permeado de ultrafiltração foi adicionado 500 g de açúcar cristal foi submetido ao tratamento térmico de 68 °C por 12 minutos e posteriormente resfriado até temperatura ambiente (± 25 °C) e adicionado 1 ml de aroma de limão, 25 ml de ácido cítrico diluído até pH 3,90, agitando-se manualmente para mistura dos ingredientes. O resfriamento foi realizado através de resfriador em cascata até a temperatura de aproximadamente 10 °C, consecutivamente realizou-se a carbonatação sob pressões entre 2 a 6 bar durante 15 minutos. O permeado de ultrafiltração carbonatado foi envasado em garrafas PET de 500 ml e armazenado a 5 °C em refrigerador. O quadro 1 mostra a formulação do refrigerante.

Em seguida, um volume de 4,5 litros do permeado de ultrafiltração foi adicionado a o volume de cada prebiótico descrito na formulação abaixo, (realizado mesmo processo para cada bebida) e submetido ao tratamento térmico de 65 °C por 12 minutos, posteriormente resfriado até temperatura ambiente (± 25 °C) e adicionado 1 ml de aroma de limão, 25 ml de ácido cítrico diluído até pH

3,90, agitando-se manualmente para mistura dos ingredientes. O resfriamento foi realizado através de resfriador em cascata até a temperatura de

aproximadamente 10 °C, consecutivamente realizou-se a carbonatação sob pressões entre 2 a 6 bar durante 15 minutos. O permeado de ultrafiltração carbonatado foi envasado em garrafas PET de 500 ml e armazenado a 5 °C em refrigerador. O quadro 1 mostra a formulação do refrigerante.

Refrigerante de soro de leite							
Ingrediente s	%	Amostr a 1	Amostr a 2	Amostr a 3	Amostr a 4	Amostr a 5	Código das amostra s
Permeado de soro de leite		4.500 ml	4.500 ml	4.500 ml	4.500 ml	4.500 ml	
Aroma de limão	0,0 2	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	
Ácido cítrico	0,5	25 ml	25 ml	25 ml	25 ml	25 ml	
Açúcar cristal	10	500 g					386
FOS	2		100 g				761
GOS	1			50 g			023
XOS	1,5				75 g		664
INULINA	2					100 g	137

Quadro 1- Formulação do refrigerante de soro utilizando diferentes prebióticos

Permeado de ultrafiltração



Tratamento térmico a 68 °C por 12 minutos



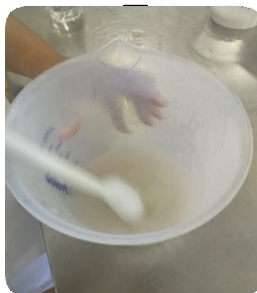
Resfriamento até temperatura ambiente $\pm$ 25 °C



Adição dos prebióticos nas amostras



Agitação manual



Resfriamento em resfriador cascata até 10 °C



Carbonatação a 10°C sob pressões entre 50 – 100 kgf.cm⁻²



Envase em garrafas PET



Armazenamento sob refrigeração a 5 °C



Figura 1. Fluxograma de fabricação do refrigerante de soro de leite com adição de prebióticos.

6. Análises físico-químicas

6.1. Reologia

Para o estudo da bebida de soro de leite carbonatada sabor limão propriedades reológicas, o ensaio de reologia foi realizado 24 horas após a fabricação em temperatura ambiente (25 ± 1 °C). Um viscosímetro rotacional (DV-II, Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, MA, EUA) foi usado de acordo com Moraes, Camargo, Colombo e Fortulan (2023) com modificações. O fuso cilíndrico LV-1 (61) foi usado dentro de um recipiente cilíndrico adaptado. As medidas do fuso (5,8 cm de altura, 1,8842 cm de diâmetro e 0,9421 cm de raio) e do recipiente (4,9 cm de altura, 3,1 cm de diâmetro, 1,55 cm de raio) foram obtidas para calcular os parâmetros de taxa de cisalhamento, tensão de cisalhamento e viscosidade de acordo com as seguintes equações:

$$Shear\ rate\ (1\ s^{-1}) = \frac{2\ \omega\ R_c^2 R_b^2}{x^2(R_c^2 - R_b^2)} \quad (1)$$

$$Shear\ stress\ \left(\frac{dynes}{cm^2}\right) = \frac{M}{2\pi R_b^2 L} \quad (2)$$

$$Viscosity\ (mPa) = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} \times 100 \quad (3)$$

onde σ é a tensão de cisalhamento (mPa), $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento (s^{-1}), R_c é o raio do recipiente (cm), R_b é o raio do fuso (cm), x é o raio no qual a taxa de cisalhamento está sendo calculada (cm), M é o torque inserido pelo instrumento (dina- cm), L é o comprimento efetivo do fuso (cm), ω é a velocidade angular do fuso (rad/s). O torque médio foi medido conforme a velocidade do fuso aumentou de 0 a 250 RPM (2 RPM/s). As curvas de fluxo foram obtidas em três etapas de fluxo sequenciais: ciclos up-down-up. Os dados da terceira curva de fluxo foram ajustados ao modelo Power-Law (Eq. 4). As medições foram feitas em triplicado a 25 °C.

$$\sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (4)$$

Onde k é o índice de consistência ($mPa\ s^n$), n é o índice de comportamento do fluxo (adimensional), σ é a tensão de cisalhamento (mPa) e $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento (s^{-1}).

6.2. Cor

A análise de cor foi realizada 24 horas após o processamento da bebida de soro

carbonatada sabor limão, usando um colorímetro portátil (CR-410, Konica Minolta Sensing, Inc., Tóquio, Japão). As coordenadas L^* , a^* , b^* foram obtidas usando o sistema CIE, D65 ilumina e observador a 10° , onde L^* é a luminosidade, a^* varia de verde (-) a vermelho (+), b^* varia de azul (-) a amarelo (+). 15 ml da amostra foram despejados em uma placa de Petri (6,5 cm de diâmetro) sobre uma superfície branca padronizada. A medição de cada amostra foi realizada cinco vezes. O índice de brancura e (WI, eq. 5) e o índice de amarelecimento (YI, eq. 6) foram calculados conforme descrito por D'Incecco et al.

$$YI = 142.86 \frac{b^*}{L^*} \quad (5)$$

$$WI = 100 - [(100 - L^*) + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (6)$$

6.3. Sólidos solúveis e pH

O pH das amostras foi medido 24 h após a fabricação a 15°C , usando um medidor de pH DIGMED DM-22, V 1.2 (Digicrom Analytical, São Paulo, Brasil). Os sólidos solúveis foram avaliados em triplicata com um refratômetro portátil (Higimed, HM-427). O conteúdo de sólidos solúveis foi relatado em $^\circ\text{Brix}$.

6.4. Análise Sensorial

70 consumidores (40 homens e 35 mulheres, de 18 a 28 anos) participaram de uma análise sensorial de refrigerante de soro de leite sabor limão. Os testes foram conduzidos no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), com dados coletados por meio de um instrumento em papel. O recrutamento ocorreu por meio de cartazes expostos nas dependências do IFRJ e por meio de convites nas redes sociais, com a amostra de conveniência obtida por amostragem de bola de neve nas redes sociais. O estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética do IFRJ sob o protocolo 123.123.123. Amostras de refrigerante de soro de leite sabor limão foram servidas em copos descartáveis de 150 ml, codificados com números aleatórios de três dígitos, cada um contendo 140 ml do produto. A apresentação foi monádica, e a ordem das amostras foi randomizada entre os participantes para minimizar os efeitos de carryover e de primeira ordem. O experimento foi conduzido como um delineamento de blocos completos casualizados, garantindo que todos os consumidores avaliassem todas as amostras (Pineau et al., 2019). Todos os produtos foram servidos em temperatura uniforme

para os participantes ($6^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Entre as

amostras, os participantes observaram um intervalo de 5 minutos, durante o qual foram instruídos a comer biscoitos cremosos sem sal e beber água para limpar o paladar.

6.5. Fluxo de teste

O teste sensorial seguiu o protocolo de Wakihiro et al. (2023) . As avaliações sensoriais foram conduzidas em uma cabine sensorial controlada, com uma abordagem ad libitum quanto à quantidade e ao momento do consumo; assim, o volume e o tempo entre os goles foram determinados livremente pelos participantes. Os consumidores foram instruídos a consumir o refrigerante normalmente, enquanto respondiam às avaliações sensoriais em goles designados (1º, 4º e 7º). Dois pesquisadores forneceram aos consumidores instruções sobre a execução do teste usando um exemplo hipotético com queijo branco, permitindo que os consumidores fizessem perguntas e esclarecessem quaisquer dúvidas sobre o teste.

Uma vez iniciado o teste, os participantes tomaram o primeiro gole do refrigerante e completaram a primeira tarefa CATA (item 2.5), seguida do primeiro teste de aceitação, indicando sua preferência em uma escala hedônica linear de 10 cm ancorada com "desgostei extremamente" à esquerda e "gostei extremamente" à direita. Depois disso, eles esperaram até se sentirem inclinados a tomar outro gole e consumiram o segundo gole sem avaliação. Eles repetiram esse processo para o terceiro gole, também sem avaliação. Para o 4º e 7º goles, os participantes repetiram os mesmos métodos de avaliação do 1º gole. O 5º e 6º goles foram consumidos sem avaliação. Assim, os participantes avaliaram apenas três goles (1º, 4º e 7º) por amostra para simplificar o fluxo do teste, reduzir a fadiga potencial de avaliações frequentes e evitar o tédio (Thomas et al., 2018) . O primeiro, quarto e sétimo goles foram escolhidos em vez de "1º, 2º e 3º" ou "1º, 3º e 5º" para manter intervalos suficientes entre as avaliações. Um pré-teste com 10 participantes indicou que, em média, os consumidores usaram aproximadamente 100 ml após tomar 7 goles. Após a avaliação do sétimo gole, os consumidores foram convidados a consumir o quanto desejassem e, então, completar uma avaliação hedônica final (chamada de satisfação geral).

6.6. CATA por período

As tarefas CATA seguiram a estrutura padrão usada na análise sensorial (Jaeger et al., 2020) . Em resumo, os consumidores foram solicitados a provar a amostra de refrigerante de soro de leite sabor limão e indicar todos os atributos que reconheceram de uma lista contendo os seguintes atributos: sabor doce, sabor ácido, sabor de limão, sabor de leite, sabor amargo, aroma doce, aroma ácido, aroma de leite e aroma de limão. Ao contrário de estudos que normalmente usam CATA para análises de ponto de tempo único, neste estudo, os consumidores avaliaram a mesma amostra em três goles distintos: o 1º, 4º e 7º goles, em três momentos diferentes para cada gole, rotulados como "na boca antes de engolir" (T1), "imediatamente após engolir" (T2) e "gosto residual" (T3). A ordem dos atributos nas listas CATA foi randomizada para cada consumidor; no entanto, cada consumidor manteve sua ordem específica em todos os três goles e produtos para evitar efeitos de ordem de atributos e facilitar a tarefa dos avaliadores (Wakihira et al., 2023) . Para fins de análise de dados, as respostas CATA foram codificadas como 1 se selecionadas e 0 se não.

6.7. Avaliação dinâmica de gostos

Imediatamente após completar cada avaliação CATA, os consumidores foram solicitados a indicar o que gostaram. Eles classificaram sua aceitação do produto de teste em uma escala linear contínua não estruturada de 10 cm, variando de "Desgostei extremamente" a "Gostei extremamente". Especificamente, após a tarefa CATA, os consumidores foram instruídos: "Por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou não da amostra que está avaliando". Esta questão e a escala linear contínua foram selecionadas para permitir aos consumidores mais liberdade para expressar suas experiências hedônicas.

6.8. Análise de dados

Os dados reológicos, de cor, pH e sólidos solúveis foram tratados por meio de análise de variância e teste de Tukey, considerando significância de 95%. Em relação à análise sensorial, as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o RStudio versão 2024.04.2+764 "Chocolate Cosmos " Release, com R versão 4.4.1 (R Core Team, 2024) . Todas as análises foram conduzidas com nível de risco alfa de 5%. A *Análise Dinâmica de Gostar* foi avaliada usando o modelo de análise de

variância (ANOVA) usado para dados de aceitação foi:

$$\text{Liking} = \text{produto} + \text{gole} + \text{produto} * \text{gole (interação)} + \text{consumidor} + \text{erro}$$

Neste modelo, produto, gole e interação produto*gole foram tratados como efeitos fixos, enquanto o consumidor foi tratado como um efeito aleatório. Médias dos Mínimos Quadrados (LS-means) e erros-padrão foram subsequentemente calculados para cada produto e cada gole, permitindo a interpretação de diferenças estatísticas entre produtos e entre goles, respectivamente.

A análise dos principais impulsionadores foi conduzida em dois níveis, como segue, usando modelos de regressão linear múltipla conforme descrito abaixo:

Sem considerar a temporalidade (momentos T1, T2 e T3 para cada gole):

$$\text{Gosto} = \text{produto} + \text{consumidor} + \text{álcool} + \text{amargor} + \text{carbonatação} + \text{aroma de limão} + \text{refrescante} + \text{acidez} + \text{aroma doce} + \text{sabor doce} + \text{erro}$$

Considerando a temporalidade dos três períodos (T1, T2 e T3):

$$\text{Gostar} = \text{produto} + \text{consumidor} + \text{álcool (T1)} + \text{álcool (T2)} + \text{álcool (T3)} + \text{amargor (T1)} + \dots + \text{aroma doce (T3)} + \text{sabor doce (T1)} + \text{sabor doce (T2)} + \text{sabor doce (T3)} + \text{erro}$$

No primeiro modelo, cada atributo foi codificado como o número de vezes que o atributo foi selecionado por gole (0/1/2/3). No segundo modelo, cada atributo em cada período foi codificado como uma ocorrência binária (0/1) para cada período do gole. Nesses modelos, produto e atributos foram tratados como efeitos fixos, enquanto consumidor foi tratado como um efeito aleatório (Mahieu et al., 2022). Estimativas de coeficientes e erros-padrão foram calculados para interpretar a significância estatística de cada atributo sensorial, com e sem consideração de temporalidade. O Fator de Inflação de Variância (VIF) foi calculado para cada atributo para verificar a multicolinearidade, aderindo ao critério de menos de 5 (Akinwande et al., 2015; Cheng et al., 2022) .

Foi avaliada a Análise de Satisfação Geral, seguindo um modelo ANOVA utilizado para analisar os dados de satisfação foi o seguinte:

$$\text{Satisfação geral} = \text{produto} + \text{consumidor} + \text{erro}$$

Neste modelo, o produto foi tratado como um efeito fixo, enquanto o consumidor foi tratado como um efeito aleatório. Médias dos Mínimos Quadrados (LS-means) e erros- padrão foram subsequentemente calculados para cada produto, permitindo a interpretação de diferenças estatísticas entre produtos.

7. Análise do comitê de ética em pesquisa

O ensaio experimental envolvendo seres humanos foi solicitado ao Comitê de Ética em Pesquisa.

8. Resultados e discussão

8.1. Reologia

Em geral, todos os tratamentos demonstraram comportamento de fluxo semelhante, mas há diferenças notáveis na consistência. FOS se destacou como o mais viscoso, enquanto XOS foi o menos viscoso. GOS e Inulina foram intermediários em viscosidade, com propriedades semelhantes. Os resultados do modelo apresentaram um baixo módulo de desvio percentual relativo médio ($E \leq$

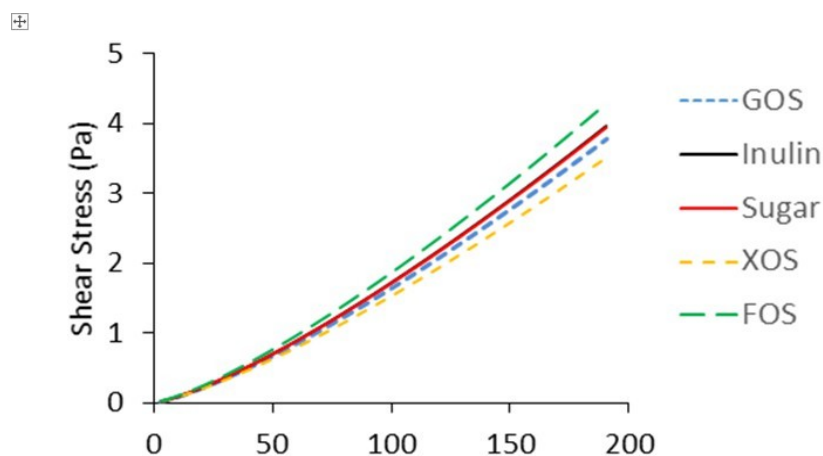


Figura 3. Comportamento de fluxo da bebida de soro carbonatada sabor limão. GOS = Galactooligossacarídeos, FOS = Frutooligossacarídeos, XOS = Xilo-oligossacarídeos. (7,3%).

Todas as amostras apresentaram índice de comportamento de fluxo semelhante ($n = 1.295 \pm 0,01$, $p > 0,05$), indicando uma leve característica de espessamento por cisalhamento. Esse comportamento de fluxo é provavelmente devido às formulações dos refrigerantes, contendo soro e hidrocolóides, que interagem entre os componentes estressados. No entanto, o comportamento de fluxo é quase newtoniano, provavelmente porque a quantidade de soro e fibras na água não é alta o suficiente para alterar o índice de comportamento de fluxo significativamente.

Em relação ao k (Índice de Consistência), ele reflete a viscosidade da amostra a uma dada taxa de cisalhamento. Valores mais altos indicam fluidos mais espessos e viscosos. Diferenças significativas foram observadas. FOS apresentou o maior valor de k (0,0048, $p < 0,05$), indicando que foi o mais viscoso. XOS apresentou o menor valor de k (0,00392, $p < 0,05$), sugerindo a característica menos viscosa. GOS, Inulina e Açúcar foram moderadamente viscosos ($p > 0,05$). Esses dados estavam de

acordo

com a Viscosidade a 100 s^{-1} .

Tabela 3. Parâmetros reológicos das amostras

Tratamentos	e (-)	k (mPa.s)	Viscosidade a 100 s ⁻¹ (mPa.s)	E (%)
XOS	1.295 ± 0,01 a	0,00392 ± 0,00001 c	3,34 ± 0,03 dias	7,27 ± 0,01
FOS	1.295 ± 0,01 a	0,0048 ± 0,0001 a	4,16 ± 0,03 a	5,50 ± 0,01
GOS	1.295 ± 0,01 a	0,00421 ± 0,00002 a.C.	3,66 ± 0,03 graus centígrados	6,4 ± 0,1
Inulina	1.295 ± 0,01 a	0,0044 ± 0,0002 b	3,84 ± 0,03 b	6,2 ± 0,1
Açúcar	1.295 ± 0,01 a	0,0044 ± 0,0001 b	3,84 ± 0,03 b	6,11 ± 0,01

*Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão. Diferentes letras minúsculas sobrescritas representam uma diferença significativa no nível de 5%.

GOS

= Galactooligossacarídeos, FOS = Fructooligossacarídeos, XOS = Xilooligossacarídeos. k = índice de consistência (mPa sⁿ), n = índice de comportamento de fluxo (adimensional).

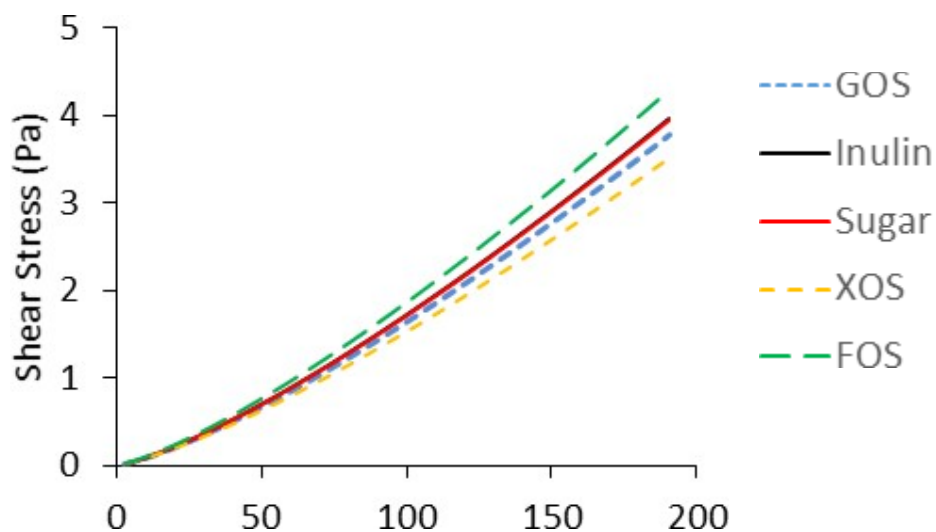


Figura 3 .Comportamento de fluxo da bebida de soro carbonatada sabor limão. GOS = Galacto-oligossacarídeos, FOS = Frutooligossacarídeos, XOS = Xilo-oligossacarídeos.

8.2. Cor

A Tabela 2 mostra os parâmetros de cor. Em geral, a cor dos refrigerantes foi muito semelhante. Todos os tratamentos apresentaram valores de L^* semelhantes ($p < 0,05$), em torno de 84–85, indicando que a formulação não influenciou a luminosidade.

Em relação ao Componente Vermelho-Verde (a^*), os valores variam ligeiramente, com o GOS apresentando o menor ($5,5 \pm 0,1$), indicando que pode tender mais para o verde em comparação com os refrigerantes FOS ($5,8 \pm 0,3$, $p < 0,05$)

. O GOS apresentou um valor b^* menor ($24,2 \pm 0,3$), sugerindo que pode ter uma tonalidade ligeiramente menos amarela em comparação com o tratamento com Inulina que apresentou o maior b^* ($25,4 \pm 0,4^a$), indicando uma tonalidade amarela mais pronunciada.

Todos os tratamentos apresentaram valores de WI semelhantes, variando de 69,9 a 71. Isso indica que a brancura das amostras é bastante consistente em todos os aspectos. No entanto, o tratamento com inulina apresentou o maior YI (43 ± 1), sugerindo o amarelamento da amostra, diferentemente do GOS que apresentou o menor (41 ± 1).

O GOS se destaca com valores de a^* e b^* significativamente menores em

comparação aos outros tratamentos, então, tende a tender para uma tonalidade mais verde e menos amarela, enquanto a Inulina parece ter uma tonalidade amarela mais pronunciada, o que está de acordo com outros estudos, apesar da pequena diferença na cor geral do produto (Balthazar et al., 2015) .

Tabela 2. Parâmetros de cor das amostras

Tratamento s	L*	a*	b*	WI	YI
XOS	85 $\pm$ 1a	5,7 $\pm$ 0,1ab	25 $\pm$ 1ab	71 $\pm$ 2a	42 $\pm$ 1ab
FOS	84,2 $\pm$ 0,2 a	5,8 $\pm$ 0,3 a	25 $\pm$ 1ab	70 $\pm$ 1 a	42 $\pm$ 2ab
GOS	84,6 $\pm$ 0,2 a	5,5 $\pm$ 0,1b	24,2 $\pm$ 0,3b	70,8 $\pm$ 0,3 a	41 $\pm$ 1 b
Inulina	85,0 $\pm$ 0,4 a	5,8 $\pm$ 0,1 ab	25,4 $\pm$ 0,4 a	69,9 $\pm$ 0,4 a	43 $\pm$ 1 a
Açúcar	85 $\pm$ 1 por	5,7 $\pm$ 0,1 ab	25,0 $\pm$ 0,4 ab	70,2 $\pm$ 0,2 a	42 $\pm$ 1 abr

*Os resultados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão. Diferentes letras minúsculas sobrescritas representam uma diferença significativa no nível de 5%. WI = índice de brancura, YI = índice de amarelecimento, GOS = Galactooligossacarídeos , FOS = Fructooligossacarídeos , XOS = Xilooligossacarídeos .

8.3 Sólidos solúveis e pH

Em relação ao teor de sólidos solúveis dos refrigerantes (Tabela 1), o FOS (Fructooligossacarídeos) apresentou o maior valor (14,9°Brix), indicando maior concentração de sólidos solúveis em relação aos demais tratamentos ($p < 0,05$). XOS (Xilooligossacarídeos), GOS (Galactooligossacarídeos) e Inulina foram semelhantes (7,9 °Brix), sendo estes os menores entre os tratamentos. O refrigerante produzido com açúcar foi intermediário, com 8,3 ° Brix.

O teor de sólidos solúveis refere-se à quantidade total de substâncias dissolvidas na bebida, que inclui açúcares, ácidos, compostos de sabor e outros ingredientes solúveis, onde 1 °Brix corresponde a 1 g de sacarose em 100 g de solução (Brochier, Marczak, & Noreña, 2014) . Portanto, o menor °Brix das fibras prebióticas pode estar relacionado à sua estrutura polimérica de cadeia longa que dificulta a solubilidade (Strieder, Arruda, Pastore, & Silva, 2023) . Por outro lado, os maiores compostos solúveis nas bebidas FOS indicam sua maior solubilidade (

Brochier et al., 2014) . Em relação ao pH, todos os tratamentos apresentaram pH semelhante, variando de 3,97 a 4,0. Isso indica que a acidez dos tratamentos é relativamente uniforme. Os valores de pH não apresentaram diferenças significativas ($p>0,05$).

Tabela 1. Teor de sólidos solúveis (°Brix) das amostras e pH

Tratamentos	Sólidos solúveis (°Brix)	pH
XOS	7,9 ± 0,1 graus centígrados	3,98 ± 0,03 ^a
FOS	14,9 ± 0,1 ^a	4,0 ± 0,1 ^a
GOS	7,9 ± 0,1 graus centígrados	3,99 ± 0,03 ^a
Inulina	7,9 ± 0,1 graus centígrados	4,0 ± 0,1 ^a
Açúcar	8,3 ± 0,1 ^b	3,97 ± 0,03 ^a

*Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão. Diferentes letras minúsculas sobrescritas representam uma diferença significativa no nível de 5%.
GOS=Galactooligossacarídeos, FOS=Fructooligossacarídeos,
XOS=Xilooligossacarídeos.

8.4 .Análise Sensorial

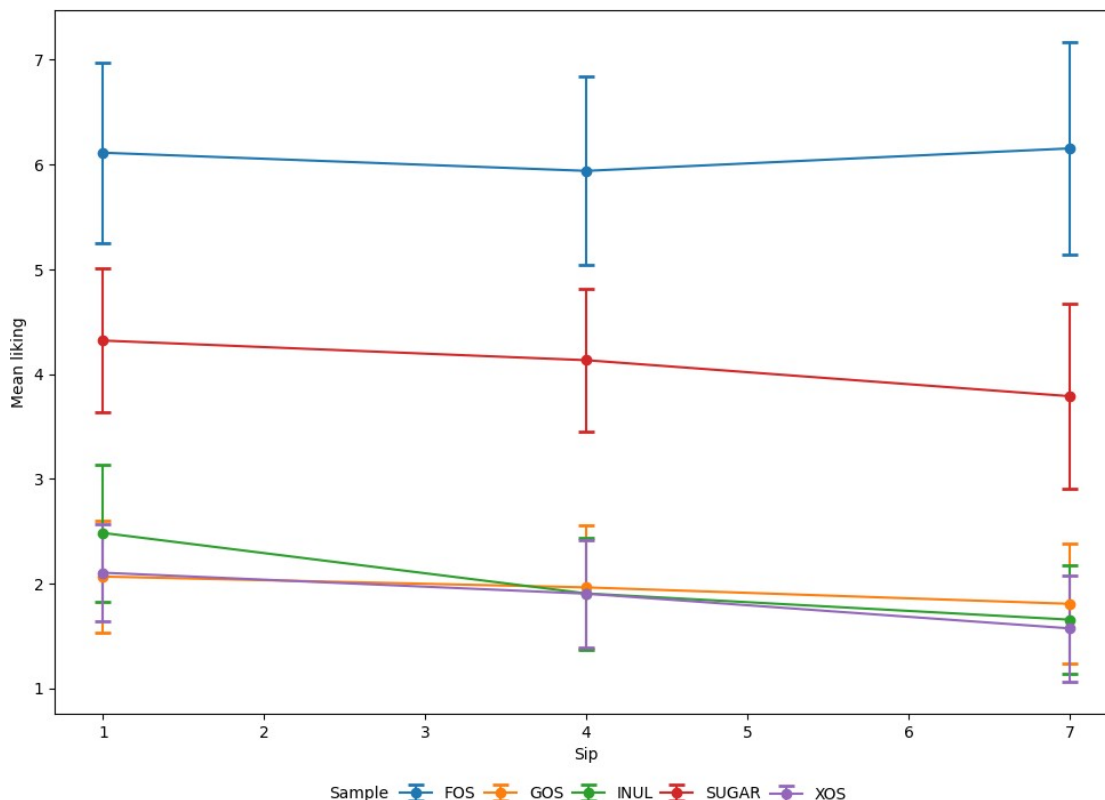
A Figura 1 mostra a progressão da aceitação nos 1º, 4º e 7º goles. Cada ponto representa as pontuações médias de aceitação e seus respectivos intervalos de confiança de 95%. No geral, poucas amostras apresentaram diferenças na aceitação ao longo do tempo, já que as pontuações médias entre os goles geralmente caíram dentro dos intervalos de confiança. As amostras FOS e SUGAR se destacam por terem pontuações de aceitação consistentemente mais altas em comparação às outras em todos os goles, com FOS mantendo uma média próxima a 7. Por outro lado, as amostras INUL, GOS e XOS exibiram pontuações médias de aceitação mais baixas, particularmente quando comparadas a FOS e SUGAR, com pontuações relativamente estáveis, mas mais baixas entre os goles, indicando menor preferência do consumidor por essas formulações.

Além disso, as barras de erro foram maiores para as amostras FOS e SUGAR, sugerindo alguma variabilidade individual na aceitação, embora estas tenham permanecido geralmente preferidas. Em contraste, as outras amostras

exibiram

barras de erro mais estreitas, indicando avaliações mais consistentes, mas com pontuações de aceitação (gosto) mais baixas.

Figura 1- Evolução das pontuações de gosto ao longo do tempo.



A análise de variância (Tabela 1) para aceitação dinâmica indica efeitos do gole, ou seja, houve mudanças nas avaliações entre os goles durante o consumo, e um efeito do produto, indicando diferenças entre os produtos avaliados. A interação entre produto e gole, no entanto, não foi significativa ($p = 0,5239$), sugerindo que a variação nas avaliações entre os goles foi semelhante para todos os produtos. Entre as amostras de refrigerante de soro de leite sabor limão, o FOS teve a maior pontuação média de aceitação (6,07) e se destacou significativamente dos outros. O SUGAR obteve uma pontuação média intermediária (4,08), sendo significativamente menos aceito do que o FOS, mas mais aceito do que os outros produtos. Os produtos GOS (1,94), INUL (2,01) e XOS (1,86) não apresentaram diferenças significativas entre si e exibiram as menores pontuações médias de aceitação.

Tabela 3- ANOVA de afinidade dinâmica.

p-valores de testes de efeitos fixos			Produto LS-Means				
			AÇÚCA				
Produto	Gole	Produto*Sip	FOS	GOS	INUL	R	XOS
< 2e-16			6,07	1,94	2,01		1,86
	0,0102	0,5239	c	por	a	4,08 b	por

Médias com duas letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$) em Tukey HSD.

Os atributos que impulsionam a aceitação foram avaliados tanto estaticamente — sem considerar os aspectos temporais de cada gole, especificamente sem decompor cada gole nos momentos T1, T2 e T3 — quanto dinamicamente, ou seja, considerando os momentos dentro de cada gole: “na boca antes de engolir” (T1), “imediatamente após engolir” (T2) e “gosto residual” (T3). A Tabela 2 apresenta o modelo de regressão para os drivers de aceitação avaliados sem considerar a temporalidade. Foi observado que apenas SABOR DE LIMÃO e GOSTO AMARGO tiveram efeitos significativos. SABOR DE LIMÃO mostrou uma influência positiva na aceitação (Estimativa = 0,29656; $p = 0,00281$), sugerindo maior aceitação para refrigerante de soro de leite sabor limão com um sabor de limão mais intenso. Em contraste, GOSTO AMARGO teve um efeito negativo (-0,44688; $p < 0,00001$), indicando que um sabor amargo diminui a aceitação. Os demais atributos (doce, ácido, sabor e aroma de leite e aroma de limão) não tiveram influência significativa na aceitação quando a temporalidade do gole não foi considerada.

Tabela 4- Resultados dos modelos de regressão sem consideração da temporalidade.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	valor_t	valor_p
PRODUTO_GOS	-2,91792*	0,36804	-7.928	1.93e-14
INÍCIO_DO_PRODUTO	-2,96413*	0,35743	-8.293	1.44e-15
PRODUTO_AÇÚCAR	-1,31300*	0,33797	-3,885	0,000119
PRODUTO_XOS	-3,22898*	0,34036	-9.487	< 2e-16

SABOR_DOCE	0,04792	0,12132	0,395	0,693082
GOSTO_ÁCIDO	-0,05439	0,10092	-0,539	0,590198
SABOR_LIMÃO	0,29656*	0,09868	3.005	0,002811
SABOR_DE_LEITE	0,06351	0,10285	0,618	0,537209
GOSTO_AMARGO	-0,44688*	0,09916	-4.506	8.48e-06
AROMA_DOCE	0,12245	0,1307	0,937	0,349334
AROMA_ÁCIDO	-0,0668	0,11863	-0,563	0,573663
AROMA_DE_LEITE	-0,08848	0,11406	-0,776	0,438347
AROMA_LIMÃO	0,01787	0,09707	0,184	0,854046

Estimativa com asterisco tem efeito significativo na preferência pelo produto ($p < 0,05$). Os valores de R^2 condicional para os modelos lineares mistos foram 0,719.

'Quando o efeito da temporalidade foi avaliado, observou-se (Tabela 3) que o sabor doce e o sabor de limão foram motivadores positivos de aceitação nos diferentes momentos de cada gole. O sabor doce teve um efeito positivo significativo em todos os momentos, aumentando a aceitação especialmente no gosto residual (T3). Da mesma forma, o sabor de limão exibiu um efeito positivo significativo, com a aceitação aumentando à medida que o sabor permanece no gosto residual. Em contraste, o gosto amargo influenciou negativamente a aceitação em todos os momentos, embora seu impacto negativo tenha diminuído ligeiramente no gosto residual. Os outros atributos, como gosto ácido, sabor de leite e aromas doces e de leite, não mostraram influência significativa na aceitação.

Tabela 5- Resultados dos modelos de regressão considerando a temporalidade.

Efeito	Estimativa	Erro Padrão	valor_t	valor_p
Interceptar	5.173*	0,319	16.217	< 2e-16
PRODUTO_GOS	-2.885*	0,1866	-15.458	< 2e-16
PRODUTO_INUL	-2.946*	0,1835	-16.056	< 2e-16
PRODUTO_AÇÚCAR	-1.153*	0,177	-6.513	1.05e-10
PRODUTO_XOS	-3.243*	0,1767	-18,35	< 2e-16
SABOR_DOCE_T1	0,4127*	0,2206	2.778	0,00555
DOCE_SABOR_T2	0,4938*	0,2146	2.301	0,02154
SABOR_DOCE_T3	1.112*	0,2031	5.476	5.22e-08

SABOR_ÁCIDO_T1	0,2316	0,1671	1.386	0,16590
SABOR_ÁCIDO_T2	-0,1914	0,1658	-1.155	0,24848
SABOR_ÁCIDO_T3	-0,2992	0,2029	-1.474	0,14067
SABOR_LIMÃO_T1	0,3835*	0,1736	2.209	0,02733
SABOR_LIMÃO_T2	0,5178*	0,1752	2.956	0,00316
SABOR_LIMÃO_T3	0,7131*	0,1932	3.691	0,00023
SABOR_LEITE_T1	-0,04696	0,189	-0,248	0,80384
SABOR_LEITE_T2	0,007916	0,1744	0,045	0,96380
SABOR_LEITE_T3	-0,03539	0,1668	-0,212	0,83198
GOSTO_AMARGO_T1	-1,06*	0,1742	-6.083	1.55e-09
SABOR_AMARGO_T2	-0,957*	0,1746	-5.482	5.06e-08
SABOR_AMARGO_T3	-0,7334*	0,1845	-3.976	7.40e-05
AROMA_DOCE_T1	0,2611	0,2393	1.091	0,27539
AROMA_DOCE_T2	0,3809	0,2826	1.348	0,17801
AROMA_DOCE_T3	0,1831	0,2642	0,693	0,48842
ACID_AROMA_T1	-0,1611	0,1864	-0,865	0,38745
ACID_AROMA_T2	-0,1065	0,2201	-0,484	0,62840
ACID_AROMA_T3	-0,2823	0,2415	-1.169	0,24257
LEITE_AROMA_T1	-0,2013	0,2278	-0,883	0,37713
LEITE_AROMA_T2	-0,3688	0,2046	-1.802	0,07171
LEITE_AROMA_T3	-0,2539	0,2143	-1.185	0,236259
AROMA_LIMÃO_T1	-0,008019	0,1703	-0,047	0,962451
AROMA_LIMÃO_T2	0,08059	0,1835	0,439	0,660675
AROMA_LIMÃO_T3	0,1695	0,1937	0,875	0,381630

Estimativa com asterisco tem efeito significativo na preferência pelo produto ($p < 0,05$). Os valores de R2 condicional para os modelos lineares mistos foram 0,635.

Coeficientes negativos e significativos foram observados para todos os produtos em ambas as análises, com e sem temporalidade (Tabelas 2 e 3). Isso sugere que a formulação de whey soda com galacto-oligossacarídeos (GOS), inulina (INUL), sacarose (SUGAR) e xilo-oligossacarídeos (XOS) teve um efeito negativo na preferência quando comparada à formulação usando fruto-oligossacarídeos (FOS), que foi usada como categoria de referência na análise. Na análise considerando a

temporalidade, XOS levou à maior redução na preferência, seguido por INUL, GOS e SUGAR, respectivamente, com SUGAR sendo o menos pronunciado.

Em relação aos atributos, os resultados mostraram que o sabor doce, o sabor de limão e o amargor tiveram efeitos significativos na aceitação, com variações em diferentes momentos de cada gole. O sabor doce foi um impulsionador positivo da aceitação em todos os momentos, com um efeito crescente ao longo do tempo; quanto mais tempo persistiu, maior foi a aceitação do produto, sugerindo que um sabor doce persistente é benéfico para o refrigerante de soro de leite. Isso indica que, para otimizar a aceitação, a doçura deve ser percebida inicialmente e permanecer presente até o final do gole, principalmente no sabor residual. O sabor de limão também fez uma contribuição positiva significativa para a aceitação, com seu efeito aumentando de T1 para T3, embora seus coeficientes tenham sido menores do que aqueles para o sabor doce. No entanto, a combinação de um sabor doce e limão mais intenso provou ser os principais impulsionadores para maior aceitação, incluindo sua presença no sabor residual.

Em contraste, o amargor teve um efeito consistentemente negativo em todos os períodos, sendo mais proeminente no início (T1) e menos no gosto residual (T3). Isso indica que o amargor percebido nos momentos iniciais da degustação impacta mais negativamente a aceitação do que o amargor que se desenvolve em estágios posteriores, sugerindo que o amargor deve ser minimizado, especialmente no início do gole, para aumentar a aceitação do produto. A ausência de efeitos significativos para outros atributos, como gosto ácido, sabor de leite e aromas, sugere que esses fatores não influenciam diretamente a aceitação quando a temporalidade é considerada. Em resumo, para maximizar a aceitação, o produto deve promover percepções prolongadas de doçura e sabor de limão, minimizando o amargor, principalmente no início. Esses resultados fornecem orientação clara sobre quando e como atributos desejáveis e indesejáveis devem ser percebidos para aumentar a aceitação, contribuindo para o desenvolvimento de produtos mais alinhados com as preferências sensoriais dos consumidores.

No estudo de Wakihiro et al. (2023) sobre bebidas alcoólicas carbonatadas com sabor de limão usando TDL, o amargor também foi considerado um fator negativo, e o aroma de limão foi o principal fator positivo. Semelhante ao nosso estudo com

refrigerante à base de soro de leite, analisar a apreciação com temporalidade produziu resultados mais detalhados e precisos. Enquanto o amargor no início (T1 – “na boca antes de engolir”) foi o principal fator negativo para a aceitação do refrigerante de soro de leite, Wakihira et al. (2023) descobriram que o gosto amargo residual foi o fator negativo mais impactante. Portanto, ao desenvolver refrigerantes com sabor de soro de leite, o amargor deve ser cuidadosamente avaliado, principalmente o amargor percebido rapidamente. Relatórios sugerem que o amargor ocorre em produtos à base de soro de leite, frequentemente associado a peptídeos específicos resultantes da hidrólise da proteína do soro de leite. Esses peptídeos, ricos em aminoácidos hidrofóbicos, podem contribuir diretamente para o amargor. Em hidrolisados de proteína de soro de leite, quatro peptídeos amargos principais foram identificados, com sequências primárias de aminoácidos YGLF, IPAVF, LLF e YPFPGIPN originadas de α -lactalbumina, β -lactoglobulina, albumina sérica e β -caseína, respectivamente (Liu et al., 2022) .

A superioridade dos frutooligossacarídeos (FOS) no refrigerante à base de soro de leite pode estar relacionada às suas características intrínsecas em comparação às outras fibras analisadas e até mesmo ao próprio açúcar. Especialmente quando comparado à inulina, galactooligossacarídeos (GOS) e xilooligossacarídeos (XOS), o FOS pode estar associado a um menor impacto na textura do produto devido à sua estrutura de cadeia curta, que forma menos estruturas gelificantes densas, potencialmente preservando atributos sensoriais como sabor e palatabilidade sem alterar substancialmente a consistência do alimento (Ibrahim, 2021) .

A inulina, por outro lado, embora seja um prebiótico eficaz, tem uma estrutura de cadeia mais longa que pode conferir uma consistência densa e espessa, influenciando potencialmente a reologia do produto. Por exemplo, em produtos pectinados, a inulina parece aumentar a viscosidade e a consistência, o que pode interferir na percepção sensorial de outros ingredientes, promovendo uma potencial interação sensorial cross-modal que pode afetar a intensidade do sabor (Tarone et al., 2021) .

Além disso, embora o XOS seja conhecido por sua alta estabilidade em condições ácidas e de alta temperatura, evidências sugerem que ele pode engrossar levemente alguns produtos processados e, quando comparado ao FOS, tem um

impacto textural mais pronunciado, principalmente abaixo de 60 °C (Penksza et al., 2020) .

Com base nos resultados do teste de aceitação, o FOS mostrou-se promissor na formulação de refrigerantes à base de soro de leite sabor limão, alcançando maior aceitação sensorial do que até mesmo a formulação padrão de sacarose. Essa descoberta está alinhada com outros estudos que avaliaram adições de fibras em produtos alimentícios, que descobriram que o FOS geralmente não impacta negativamente o sabor ou a aceitação e pode até mesmo melhorar o perfil sensorial (Bis-Souza et al., 2020; Pereira et al., 2021; Promsakha na Sakon Nakhon et al., 2023)

. Além disso, o FOS demonstrou ser um ingrediente seguro para uso até mesmo em fórmulas infantis (Morissette et al., 2023) .

9. Conclusão

Este estudo apresentou o desenvolvimento e avaliação sensorial de uma bebida carbonatada à base de soro de leite com diferentes tipos de prebióticos (FOS, GOS, XOS e Inulina). Os resultados demonstraram que a escolha do prebióticos influenciou diretamente os parâmetros físico-químicos, reológicos e sensoriais do produto. Entre as formulações, a com adição de FOS destacou-se como o ingrediente que promoveu maior aceitação sensorial, superando até mesmo a formulação padrão com adição de açúcar.

A dinâmica de análise sensorial revelou que atributos como sabor doce e sabor de limão são os principais impulsionadores da aceitação, enquanto o amargor apresentou impacto negativo, especialmente no início do consumo. Esses resultados reforçam a importância de considerar a evolução das percepções sensoriais ao longo do tempo para otimizar a aceitação do produto.

Além disso, a inclusão de prebióticos demonstrou ser uma estratégia promissora para aumentar o valor funcional da bebida, atendendo à crescente demanda por produtos saudáveis e inovadores. A aplicação de metodologias sensoriais baseadas em fatores temporais mostrou-se eficaz na identificação de pontos críticos para a formulação, fornecendo resultados detalhados para a melhoria de produtos futuros.

Com base nas descobertas, a bebida carbonatada à base de soro de leite

enriquecido com adição de FOS apresenta elevado potencial para atender às preferências sensoriais dos consumidores e contribuir para uma alimentação mais

saudável e sustentável. Estudos futuros podem explorar a combinação de prebióticos com outros ingredientes funcionais e investigar sua viabilidade em escalas industriais.

10. Referências Bibliográficas

AIRES, Andréia Gomes. O soro de leite como suplemento proteico para atletas. 2010. 52 f. Monografia (Curso de Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28405>. Acesso em: out. 2022.

Akinwande, MO, Dikko, HG, & Samson, A. (2015). Fator de inflação de variância: como uma condição para a inclusão de variável(eis) supressora(s) na análise de regressão. **Open Journal of Statistics**, 05 (07), 754–767. <https://doi.org/10.4236/ojs.2015.57075>

AMBROGI V, BOTTACINI F, CAO L *et al.* (2023). Galacto-oligossacarídeos como prebióticos infantis: produção, aplicação, atividades bioativas e perspectivas futuras. **Críticas em Alimentos Ciência e Nutrição**. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1953437>.

ANDRADE, R. S.; NETO, J. A. A.; LOPES, R. C. S. Q. Valorização biotecnológica de soro de leite por fermentação utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 11, n. 2, 2015.

BALDASSO, C.; BARROS, T. C.; TESSARO, I. C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. **Desalination**, v. 278, n. 1-3, p. 381-386, 2011.

Balthazar, CF, Silva, HLA, Celeguini, RMS, Santos, R., Pastore, GM, Junior, CAC, . . . Cruz, AG (2015). Efeito da adição de galactooligossacarídeos na aceitação física, óptica e sensorial de sorvete de baunilha. **Journal of Dairy Science**, 98 (7), 4266-4272. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9018>

Bis-Souza, CV, Ozaki, MM, Vidal, VAS, Pollonio, MAR, Penna, ALB, & Barretto, ACS (2020). A fibra alimentar pode melhorar as características tecnológicas e a aceitação sensorial do salame italiano com baixo teor de gordura? **Journal of Food Science**

and Technology, 57 (3), 1003–1012. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04133-6>

BRASIL, 2003 a; Instrução Normativa nº 22, de 14 de Abril de 2003, Ministério da Agricultura.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 25 jul. 2022.

Brochier, B., Marczak, LDF, & Noreña, CPZ (2014). Utilização de diferentes tipos de solutos alternativos à sacarose na desidratação osmótica de yacon. **Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia**, 58 , 34-40.

Buttriss, J. (2017). Desafios e oportunidade no uso de substitutos do açúcar de baixo valor energético. **Boletim Nutricional**, 42, 108112. Disponível em [HTTPS://doi.org/10.1111/nbu.12258](https://doi.org/10.1111/nbu.12258).

K.F. Catenza, K.K. Donkor, Recent approaches for the quantitative analysis of functional oligosaccharides used in the food industry: A review, **Food Chemistry**, Volume 355, 2021, 129416, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129416>.

Cheng, J., Sun, J., Yao, K., Xu, M., & Cao, Y. (2022). Um método de seleção de variáveis baseado em informações mútuas e fator de inflação de variância. *Spectrochimica Acta - Parte A: Espectroscopia Molecular e Biomolecular*, 268. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.120652>

COLANTONIO A.G, WERNER S.L, BROWN M (2020). The Effects of Prebiotics and Substances with Prebiotic Properties on Metabolic and Inflammatory Biomarkers in Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review. **Journal of the**

Academy of Nutrition and Dietetics. Volume 120, ISSUE 4, P87-607. E2, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.jand.2018.12.013>

CRUZ, Adriano G. et al. Processamento de Produtos Lácteos: queijos, leite fermentados, bebidas lácteas, sorvetes, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2017. 330 p.

DALLAS, DC, Weinborn, V., de Moura Bell, JM, Wang, M., Parker, EA, Guerrero, A., et al. A avaliação peptidômica e glicômica abrangente revela que o permeado de soro doce do colostro é uma fonte de peptídeos e oligossacarídeos derivados da proteína do leite. **Food Research International**, 63, 203-209, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.021>.

Delgado, P. and Banon, S. (2018) Effects of Replacing Starch by Inulin on the Physicochemical, Texture and Sensory Characteristics of Gummy Jellies. **CyTA-Journal of Food**, **16**, 1-10.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1327462>

D'Incecco, P., Dallavalle, S., Musso, L., Rosi, V., Sindaco, M., & Pellegrino, L. (2024). Formação de di-tirosina em leite pasteurizado durante armazenamento em prateleira. **Química Alimentar**, **435**, 137566. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137566>

DU, Mengxiang et al. Extraction, physicochemical properties, functional activities and applications of inulin polysaccharide: a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 78, n. 2, p. 243-252, 2023.

Etzel, Mark & Arunkumar, Abhiram. Dairy protein fractionation and concentration using charged ultrafiltration membranes. Livro: Processamento de membrana para separação de ingredientes lácteos. Edição: 1ª. Editora: **Wiley Blackwell**, 2015.
<https://doi.org/10.1002/9781118590331.ch4>

EUROSTAT. Estatísticas da agricultura, silvicultura e pesca- estatísticas do leite e dos produtos lácteos, dez.2020. Luxemburgo. **Serviço das Publicações da União Europeia.**

Farias, D.P, Fábio Fernandes de Araújo, Iramaia Angélica Neri-Numa, Glaucia Maria Pastore, Prebiotics: Trends in food, health and technological applications, **Trends in Food Science & Technology**, Volume 93, 2019, Pages 23-35, ISSN 0924-2244. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.004>.

FERRÃO LL, FERREIRA MVS, CAVALCANTI RN *et al.* The xylooligosaccharide addition and sodium reduction in requeijão cremoso processed cheese, **Food Research International**, Volume 107, 2018, Pages 137-147, ISSN 0963-9969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.018>.

Florowska A, Hilal A, Florowski T, Wroniak M. Adição de proteínas selecionadas derivadas de plantas como modificadores das propriedades de hidrogéis de inulina. **Alimentos**. 2020; 9(7):845. <https://doi.org/10.3390/foods9070845>.

George Q. Chen, Thomas S.H. Leong, Sandra E. Kentish, Muthupandian Ashokkumar, Gregory J.O. Martin, Chapter 8 - Membrane Separations in the Dairy Industry, Editor(s): Charis M. Galanakis, Separation of Functional Molecules in Food by Membrane Technology, **Academic Press**, 2019, Pages 267-304, ISBN 9780128150566, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815056-6.00008-5>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128150566000085>)

GERDES, S.K.; RICHLANDTOWN, P. A. Using lactose and permeate in baked goods. **Reference Manual for U. S. whey and lactose products**, 2011, p. 106-108.

González-Delgado, Isabel & López-Muñoz, María-José & Morales, Gabriel & Segura, Yolanda. (2016). Optimisation of the synthesis of high galacto-oligosaccharides (GOS) from lactose with beta-galactosidase from *Kluyveromyces lactis*. **International Dairy Journal**. 61. 211-219. DOI:10.1016/j.idahyj.2016.06.007.

Goulding, David & Fox, P.F. & O'Mahony, James. (2020). Milk proteins: An overview. 10.1016/B978-0-12-815251-5.00002-5.

HERNÁNDEZ-LEDESMA, B., Ramos, M., & Gómez-Ruiz, J. Á. Bioactive components of ovine and caprine cheese whey. **Small Ruminant Research**. Volume 101, Issues 1–3, 2011, Pages 196-204, ISSN 0921-4488,

<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.040>.

HERREMAN, L. Nommensen. P., Pennings. B., & Laus, MC (2020). Comprehensive overview of the quality of plant- And animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Sciences and Nutrition*, 8, 5379-5391. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1809>

HUGUNIN, A. O uso de produtos de soro em iogurte e produtos lácteos fermentados. **Leite & Derivados**, São Paulo, v. 5, n. 49, p. 22-33, 1999.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estatística de Produção Pecuária, 2016. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2016/abate-leite-couro-ovos_201603caderno.pdf. Acesso em: 25 set. 2022.

Ibrahim, OO (2021). Aspectos tecnológicos dos fruto-oligossacarídeos (Fos), processos de produção, propriedades fisiológicas, aplicações e benefícios à saúde. **Journal of Food Chemistry and Nanotechnology**, 7 (2), 41–46. <https://doi.org/10.17756/jfcn.2021-111>

Illippangama, Ashinshana U., Dinesh D. Jayasena, Cheorun Jo, Deshani C. Mudannayake, Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products, **Carbohydrate Polymers**, Volume 275, 2022, 118706, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118706>.

Jaeger, SR, Beresford, MK, Lo, KR, Hunter, DC, Chheang, SL, & Ares, G. (2020). O

que significa marcar todas as opções aplicáveis? Quatro estudos de caso com

JARDIM, F. B. B.; SANTOS, E. N. F.; ROSSI, D. A.; MELO, R. T.; MIGUEL, D. P.; ROSSI, E. A.; SYLOS, C. M. **Desenvolvimento de bebida láctea carbonatada**. Alim. Nutr., v. 23, n. 2, p. 275-286, abr./jun. 2012.

Kaur AP, Bhardwaj S, Dhanjal DS, Nepovimova E, Cruz-Martins N, Kuča K, Chopra C, Singh R, Kumar H, Şen F, et al. Prebióticos vegetais e seu papel na melhoria de doenças. **Biomoléculas** . 2021; 11(3):440. <https://doi.org/10.3390/biom11030440>

Liu, B., Li, N., Chen, F., Zhang, J., Sun, X., Xu, L., & Fang, F. (2022). Revisão sobre o mecanismo de liberação e tecnologia de desamargo de peptídeos amargos de hidrolisados de proteínas. **Revisões abrangentes em ciência alimentar e segurança alimentar**, 21 (6), 5153–5170. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13050>

Loss, Chris & Hotchkiss, J.H.. (2003). The use of dissolved carbon dioxide to extend the shelf-life of dairy products. **Dairy Processing: Improving Quality**. 391-415. 10.1533/9781855737075.2.391.

LOURENÇATO, Lucilaine. Bebida láctea probiótica carbonatada com sabor limão siciliano. 2019. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - **Departamento de Engenharia Química**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

LOURENÇO, Neide Filipa Alexandre. Concentração de soro de leite por Nanofiltração e secagem por Spray – Drying. 2014. 108 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química), Técnico Lisboa, Lisboa, Portugal, 2014.

MACEDO LL, VIMERCATI WC, ARAÚJO CDS (2020). Fruto-oligossacarídeos: aspectos nutricionais, tecnológicos e sensoriais.**Review Article** • Braz. J. Food Technol. 23 • 2020. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08019>

Magan JB, O'Callaghan TF, Zheng J, Zhang L, Mandal R, Hennessy D, Fenelon MA,

Wishart DS, Kelly AL, McCarthy NA. Efeito da dieta no perfil de vitamina B de ingredientes proteicos à base de leite bovino. **Alimentos** . 2020; 9(5):578. <https://doi.org/10.3390/foods9050578>

MARKETS, MA (2020). Mercado de ingredientes lácteos por tipo (proteínas, leite em pó, gordura do leite concentrado, lactose e seus derivados), aplicação (fórmulas infantis, nutrição esportiva, laticínios), pecuária, forma e região, - previsão global até 2025.

Martín-Peláez S, Cano-Ibáñez N, Pinto-Gallardo M, Amezcua-Prieto C. O impacto dos probióticos, prebióticos e simbióticos durante a gravidez ou lactação na microbiota intestinal de crianças nascidas por cesárea: uma revisão sistemática. **Nutrientes**. 2022; 14(2):341. <https://doi.org/10.3390/nu14020341>

MASSARI, M.R. Substituição de lactose em pó micronizada por permeado de soro em pó micronizado em leite condensado: efeito sobre a cristalização da lactose, características físico-químicas, reológicas e microbiológicas. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Medianeira, 2018.

Meilgaard, M., Civille, GV e Carr, BT (1999) Técnicas de avaliação sensorial. 3ª edição, **CRC Press**, Boca Raton.

MERMELSTEIN, N. H. Extending dairy products shelf life with CO₂. **Food Technology**, v. 51, p. 72–76, 1997.

MICHELIN M, TEIXEIRA JA. Sistemas biocatalisadores para produção de xiloligossacarídeos a partir de biomassa lignocelulósica e seus usos. Biomassa, biocombustíveis, bioquímicos. **Elsevier**, Hoboken, pp 413–425. 2020

MOCTEZUMA-DÁVILA KDM, AGUILAR-GARCÍA RD, CUELLAR-RINCÓN IR ET AL. Síntese enzimática de prebióticos de alimentos e bebidas convencionais ricos em

açúcares. Agregação de valor em produtos alimentícios e processamento por meio da tecnologia enzimática. **Elsevier**, Amsterdã, pp 111–122. 2022.

MODLER, HW (2009). Papel pioneiro: Componentes de valor agregado derivados do soro de leite. **Dentro Associação Americana de Ciência de Laticínios**. Montreal, Quebec: Canadá.

MOHAMMAD, A.W.; YIN NG, C.; LIM Y.P.; HONG NG, G. Ultrafiltration in Food Processing Industry: Review on Application, Membrane Fouling, and Fouling Control. **Food and Bioprocess Technology**. v.5, n. 4, p.1143 – 1156, 2012.

Morais, MM, Camargo, IL d., Colombo, P., & Fortulan, CA (2023). Fabricação aditiva de peças de carbonato de cálcio por meio de fotopolimerização em cuba e sinterização em atmosfera de dióxido de carbono. **Open Ceramics**, 14 , 100348. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceram.2023.100348>

Morissette, R., Mihalov, J., Carlson, SJ, & Kaneko, KJ (2023). Tendências em ingredientes adicionados à fórmula infantil: experiências da FDA no programa de notificação GRAS. **Food and Chemical Toxicology**, 178 . <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113876>

Muñoz-González C, Brule M, Martin C, Feron G, Canon F. Influence of Prebiotic Fructans on Retronasal Aroma from Elderly Individuals. **Molecules**. 2021; 26(10):2906. <https://doi.org/10.3390/molecules26102906>

NEVES, LN, da Silva, PHF, et al. (2019). FTIR-ATR determination of protein content to evaluate whey protein concentrate adulteration. **LWT Food Science and Technology**, Volume 99, 2019, Pages 166-172, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.079>.

Nguyen Thuy et al.: Effect of extraction methods and temperature preservation on total anthocyanins compounds of *Peristrophe bivalvis* L. Merr leaf. **Journal of**

Applied

Biology & Biotechnology. Vol. 10(02), pp. 146-153, February, 2022

NUNES, Luane Alcântara *et al.* O soro do leite, seus principais tratamentos e meios de valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 301-326, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n1p301-326>

O'Mahony, James & Fox, P.F.. (2014). Milk: An Overview. **Academia Press**. 10.1016/B978-0-12-405171-3.00002-7.

OLIVEIRA, D. L., Wilbey, RA., Grandison, A. S., & Roseiro, L.B. (2015). Milk oligossacarídeos: Uma visão. **International Journal of Dairy Technology**, 68 (3), 305-321. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12209>.

ORDÓÑEZ, J.A.*et.al.* **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1.

PAGNO, C. H.; BALDASSO, C.; TESSARO, I. C.; FLORES, S. H.; JONG, E. V. Obtention of whey protein and characterization of its technological functional properties. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 231-239, abr./jun. 2009.

PARASHAR, A.; JIN, Y.; MASON, B.; CHAE, M.; BRESSLER, D.C. Incorporation of whey permeate, a dairy effluent, in ethanol fermentation to provide a zero waste solution for the dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n.3, p. 1859–1867, 2015.

PAULA, Julio Cesar Jacinto de. Elaboração de uma bebida carbonatada aromatizada à base de soro de leite. 2005. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 2005. Disponível em:

<<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9145>>. Acesso em: 10 set. 2022.

PELCHAT, M.L.; BRYANT, B.; CUOMO, R.; DI SALLE, F.; FASS, R.; WISE, P. Carbonation: A review of sensory mechanisms and health effects. **Nutrition Today**, v. 49, n. 6, p. 308-312, 2014.

Penksza, P., Juhász, R., Szabó-Nóti, B., & Sipos, L. (2020). Xilo-oligossacarídeos como compostos modificadores de textura em meios aquosos e em combinação com espessantes alimentares. *Food Science and Nutrition*, 8 (7), 3023–3030. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1177>

Pereira, CTM, Pereira, DM, de Medeiros, AC, Hiramatsu, EY, Ventura, MB, & Bolini, HMA (2021). Iogurte Skyr com polpa de manga, frutooligossacarídeo e adoçantes naturais: aspectos físicos e motivadores do gosto. *Peso*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112054>

Pineau, N., Moser, M., Rawyler, F., Lepage, M., Antille, N., & Rytz, A. (2019). Design de experimento com dados sensoriais: Uma abordagem pragmática de análise de dados. *Journal of Sensory Estudos*, 34 (2). <https://doi.org/10.1111/joss.12489>

Pires, A.F.; Marnotes, N.G.; Rubio, O.D.; Garcia, A.C.; Pereira, C.D. Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. *Foods* 2021, 10, 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>

PITHAN-SILVA, R. O. *et al.* Aspectos relativos à produção de soro de leite no Brasil. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, jun. 2017.

PRUDÊNCIO, ElaneSchwinden; CASTRO, Fabiane Picinin de. **Bebidas Lácteas Probióticas e Prebióticas**. In: SAAD, Susana Marta Isay; CRUZ, Adriano Gomes da; FARIAS, José de Assis Fonseca. Probióticos e Prebióticos em Alimentos: Fundamentos e Aplicações Tecnológicas. São Paulo: Varela, 2011. Cap. 14. p. 339-357.

Pruksasri, Suwattana. (2015). Dairy stream lactose fractionation/concentration using polymeric ultrafiltration membrane. **Membrane Processing for Dairy Ingredient Separation** 10.1002/9781118590331.ch2.

Promsakha na Sakon Nakhon, P., Aimkaew, M., Leesuksawat, W., & Tongsai, S. (2023). Otimização dos níveis de sorbitol, frutooligosacarídeos e açúcar no xarope com base nas propriedades físico-químicas e aceitação sensorial de gotas de gema de ovo doces e saudáveis (uma sobremesa tradicional à base de ovos) usando metodologia de superfície de resposta. *International Journal of Food Properties*, 26 (1), 2229–2242. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2245581>

R. Core Team. (2024). *R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística* (R versão 4.4.1). R Foundation for Statistical Computing.

Ravindra, Menon & Rao, K. & Nath, B. & Grover, Chand. (2014). Extended shelf life flavoured dairy drink using dissolved carbon dioxide. *Journal of food science and technology*. 51. 130-5. 10.1007/s13197-011-0473-2.

REIS, Rangel Zagheti dos. Desenvolvimento e caracterização de bebida alcoólica fermentada à base de soro de leite. 2019. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2019. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16064>. Acesso em: out. 2022.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 42, n. 1, p.1-16, 2006.

SABIONI, R.C.; FONTES, E.A.F.; STRINGHETA, P.C.; VIDAL, P.S.; CARVALHO, M.R. Aproveitamento do permeado da ultrafiltração do soro de leite para a produção de bebida funcional, adicionada de corantes naturais extraídos do açaí (*euterpe oleracea* mart.). In: **XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, João Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016.

Santibáñez L, Henríquez C, Corro-Tejeda R, Bernal S, Armijo B, Salazar O. Xylooligosaccharides from lignocellulosic biomass: A comprehensive review. *Carbohydr Polym*. 2021 Jan 1;251:117118. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.117118. Epub 2020 Sep 22. PMID: 33142653.

Singh, Ram Sarup, Rupinder Pal Singh, John F. Kennedy, Recent insights in enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from inulin, **International Journal of Biological Macromolecules**, Volume 85, 2016, Pages 565-572, ISSN 0141-8130, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.026>.

SOARES, Bruna C. V.; QUITÉRIO, Simone L.; VENDRAMEL, Simone M. R.. **Tratamento de efluentes na indústria de laticínios**. 2018. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria/tratamento-de-efluentes-na-industria-de-laticinios-211719/>. Acesso em: 25 jul.2022.

STONE, H. & Sidel, Joel. (2012). Sensory Evaluation Practices. **Affective testing**. 3. 247-277. 10.1016/B978-0-12-672480-6.50011-1.

Strieder, MM, Arruda, HS, Pastore, GM, & Silva, EK (2023). Estabilidade da fibra alimentar do tipo inulina após estresses térmicos, mecânicos e químicos combinados relacionados ao processamento por ultrassom de bebida prebiótica de maçã. **Food Hydrocolloids**, 139 , 108489. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108489>

TEOTÔNIO, D. de O.; COSTA, B. A. F. da; GOMES, P. T. G.; SANTOS, M. P.; AMARAL, E. F. G.; CLERICI, M. T. P. S.; LEORO, M. G. V.; SCHMIELE, M. Fructooligosaccharides, hydrolyzed soy protein and yeast (*Saccharomyces* sp.) extract as potential cryoprotectants in gluten-free frozen dough and bread quality. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e44510313556, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13556. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13556>.

Timby, Niklas & Hernell, Olle & Vaarala, Outi & Melin, Merit & Lonnerdal, Bo & Domellöf, Magnus. (2015). Infections in Infants Fed Formula Supplemented With Bovine Milk Fat Globule Membranes. A Randomized Controlled Trial. **Journal of pediatric gastroenterology and nutrition**. 60. 384-9. 10.1097/MPG.0000000000000624.

Tarone, AG, Silva, EK, Betim Cazarin, CB, & Marostica Junior, MR (2021). Sistemas estruturados à base de inulina/frutooligossacarídeos/pectina: Matrizes encapsulantes promissoras de polifenóis recuperados da casca de jabuticaba. **Food Hydrocolloids**, 111 . <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106387>

Thomas, A., van der Stelt, AJ, Schlich, P., & Lawlor, J. Ben. (2018). Drivers temporais de preferência por suplementos nutricionais orais para adultos mais velhos ao longo do dia com monitoramento do estado de fome e sede. **Food Quality and Preference**, 70 , 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.05.001>

Tsatsaragkou K, Methven L, Chatzifragkou A, Rodriguez-Garcia J. A funcionalidade da inulina como um substituto do açúcar em bolos e biscoitos; destacando a influência das diferenças no grau de polimerização nas propriedades da massa de bolo e do produto. **Alimentos** . 2021; 10(5):951. <https://doi.org/10.3390/foods10050951>

VIDAL, ANA MARIA CENTOLA; NETTO, ARLINDO SARAN. Obtenção e processamento do leite e derivados. . Pirassununga: **Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP**. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9788566404173>.

YANG H, LIU J, TAO Y et al,. Síntese de xilo-oligossacarídeo a partir de D-xilose por catalisador de ácido oxalato. **Química Select**, 2022 <https://doi.org/10.1002/slct.202200012>

Wakihira, T., Visalli, M., & Schlich, P. (2023). Drivers temporais de gosto por período: Um estudo de caso sobre bebidas alcoólicas carbonatadas com sabor de limão com consumidores em ambientes naturais. **Food Quality and Preference**, 106 . <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104793>

11. Desenvolvimento

11.1. Capítulo 1- Aspectos tecnológicos no processamento de bebidas lácteas carbonatadas á base de soro de leite.

Artigo de revisão publicado nos Anais do Simpósio Integrado de Inovação em Tecnologia de Alimentos (SIITA) em outubro de 2022.

II SIITA Em Casa- Resumo Expandido
Simpósio Integrado de Inovação Em Tecnologia De Alimentos
Evento online - 17 a 20 de outubro

Área de Publicação: Tecnologia de Alimentos



ASPECTOS TECNOLÓGICOS NO PROCESSAMENTO DE BEBIDAS LÁCTEAS CARBONATADAS Á BASE DE SORO DE LEITE

Santos. Lasset. Roberta, C. L. G¹. , Cruz. Adriano G.¹

¹ Instituto Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

(robertta.ggomes@gmail.com)

RESUMO

O leite e seus derivados são importantes para alimentação adequada e balanceada, sendo frequentemente consumidos por idosos e crianças. Atualmente, são produzidas variedades diferentes a partir do leite, nomeadamente leite líquido, queijo, iogurte, leite em pó, ingredientes (isto é, produtos ricos em proteínas, lactose), leite fermentado, manteiga e produtos à base de natas. O soro de leite é um subproduto da indústria de laticínios que contém componentes com propriedades nutricionais e tecnológicas como lipídios, minerais, proteínas e lactose que juntamente com as novas tecnologias têm promovido a valorização do doce soro de leite. Com uma produção de alto volume, o soro doce era considerado um resíduo que era tratado como ração animal, com o aumento de pesquisas em buscas de soluções sustentáveis nas indústrias de laticínios, soro foi convertido em uma matéria-prima valiosa com o mesmo valor do queijo. Hoje os ingredientes derivados do soro de leite apresentam crescimento no mercado nacional em comparação com os demais ingredientes lácteos. Neste contexto, o estudo de novas tecnologias em produtos lácteos fermentados melhorias no processamento e aumento da viabilidade, tem recebido atenção dos pesquisadores. Diante das buscas por tecnologias em produtos lácteos, existe espaço para inovações no mercado como

os produtos lácteos à base de soro de leite e

produtos carbonatados, pois combinam o efeito benéfico à saúde e sensação sensorial de refrescância proporcionada pelo CO₂.

Palavras-chaves: leite, produtos lácteos, carbonatação, bebida.

INTRODUÇÃO

O soro de leite é o líquido obtido a partir da coagulação do leite destinada à fabricação de queijos ou de caseína. É um subproduto da indústria de laticínios que contém componentes com propriedades nutricionais e tecnológicas como lipídios, minerais, proteínas e lactose que juntamente com as novas tecnologias têm promovido a valorização do soro de leite. Segundo SISO (1996), o soro representa 85 a 95% do volume inicial do leite e contém, aproximadamente, 55% do total de nutrientes do leite. A utilização de soro de queijo na elaboração de bebidas lácteas constitui-se numa forma racional e sustentável de aproveitamento deste produto secundário (PRUDÊNCIO e CASTRO, 2011).

As bebidas lácteas no mercado têm se destacado devido participação às suas características, tais como: sabor agradável, valor nutritivo, textura e baixo custo de fabricação devido o aproveitamento do soro de leite o qual seria descartado, conferido assim um preço acessível ao consumidor (CRUZ et al., 2017).

Com o intuito de conferir leveza e característica sensorial adaptável a bebida láctea surgiu a ideia de inserir a técnica de carbonatação, um processo comum em refrigerantes e as águas minerais. A técnica de dissolução de dióxido carbono (CO₂) à bebida láctea promoverá as características de efervescência e refrescância, promovendo assim um produto inovador para indústria de bebidas lácteas. A carbonatação é um método conhecido por ser simples barato, reconhecido como seguro e viável em produtos lácteos (MERMELSTEIN, 1997; RAVINDRA et al., 2011).

METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando as palavras-chaves: Lácteos, produtos à base de leite, bebidas lácteas, carbonatação em bebidas lácteas, soro de leite, em inglês e português, na base de dados do Periódicos Capes, Science Direct, Sci-hub e Google Acadêmico. Buscas diretas em sites de organismos nacionais

como

ANVISA, MAPA, acessando relatórios e legislações.

SORO DE LEITE

O soro de leite doce é um subproduto proveniente da fabricação de queijos separado da coalhada de queijo após a coagulação enzimática das proteínas caseínas do leite sob a ação da quimosina (coalho). O soro de leite doce é um líquido fino amarelo, que consiste em 94%

de água, representa ~ 80-90% da fração de volume do leite e contém a maioria dos constituintes do leite solúveis em água (Ramos *et al.*, 2016). Aproximadamente 50% dos sólidos totais do leite estão presentes no soro de leite, representando uma grande parte desse volume está a lactose, em seguida as proteínas, minerais, nitrogênio não proteico e outros compostos menores (Panghal *et al.*, 2018).

O soro contém componentes de alto valor nutricional, o que intensifica a exploração desse subproduto, a atenção principal tem sido dada as proteínas do soro de leite devido as suas propriedades funcionais para ser utilizadas como ingredientes nas formulações alimentícias.

Com uma produção de alto volume, o soro doce era considerado um resíduo que era tratado como ração animal, com o aumento de pesquisas em buscas de soluções sustentáveis nas indústrias de laticínios, soro foi convertido em uma matéria-prima valiosa com o mesmo valor do queijo. Hoje os ingredientes derivados do soro de leite apresentam crescimento no mercado nacional em comparação com os demais ingredientes lácteos (Markets, 2020).

BEBIDAS LÁCTEAS CARBONATADAS

Diante das buscas por tecnologias em produtos lácteos, existe espaço para inovações no mercado como os produtos lácteos à base de soro de leite e produtos carbonatados, pois combinam o efeito benéfico à saúde e sensação sensorial de refrescância proporcionada pelo CO₂ (KARAGÜL YÜCEER *et al.*, 1999). A carbonatação é um processo viável e seguro e aparentemente não produz efeitos sobre o leite e seus resultados. O CO₂ é um antimicrobiano natural, apresentando uso potencial na indústria láctea porque possui a opção de ser adicionado e depois removido de leite e entrega sem deletérios (FAIRBAIRN; LEI, 1986; SINGH *et al.*,

2011).

Diferentes métodos podem ser usados para adição de CO₂ aos produtos, como a adição de água carbonatada, adição de carbonatos, embalagens com atmosfera modificada e injeção direta de CO₂, o processo de injeção do CO₂ na forma gasosa é indicado como a melhor forma de processamento. O CO₂ tem sido empregado como alternativa, particularmente para a preservação de alimentos altamente perecíveis e alguns de maior valor agregado. (OGDEN, 1997; SINGH et al., 2011).

O processo de carbonatação é considerado barato e seguro e, aparentemente, não tem efeitos negativos sobre a cultura laticínios (JARDIM, 2012). Existem diversos processos de carbonatação de bebidas, porém o método que se apresenta mais adequado, por se tratar de um produto altamente viscoso, é o de injeção de carbono gasoso (dióxido de carbono) no produto. A carbonatação pode aumentar ou inibir a taxa de crescimento de microrganismos de cultura e contaminantes no iogurte (JARDIM, 2012). A introdução do processo de carbonatação às bebidas lácteas promove uma leve diminuição do pH. Essa diminuição pode promover a precipitação das proteínas do leite, quando a bebida apresenta um pH abaixo de 4,6 do ponto isoelétrico da caseína (JARDIM, 2012). Para que isso não ocorra é indicado que o processo de fermentação seja interrompido em pH 4,8 (PAULA, 2005).

É de grande interesse para indústria de alimentos a expansão do uso da tecnologia de adição de CO₂ a fim de conferir leveza as bebidas lácteas, o que promoverá as características de efervescência e refrescância, o que promove um produto inovador.

CONCLUSÃO

A presença de CO₂ exerce um efeito positivo sensoriais em relação as demais bebidas lácteas. As técnicas de fermentação e carbonatação de bebidas lácteas promovem maior estabilidade físico-química, principalmente pelos menores índices, segundo estudos apresentados em artigos. Os resultados apresentados nas bibliográficas analisadas apresentam estudos promissores para utilização de tecnologia de carbonatação em bebidas lácteas e como não há ainda uma bebida láctea carbonatada vendida comercialmente isso possibilita a introdução ao mercado como um produto inovador com um apelo comercial em todas as faixas etárias utilizando o fato de ser um alimento funcional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BG Schroder et al. / Pesquisa em Nutrição 25 (2005) 737 – 742. A absorção de cálcio de refrigerantes lácteos carbonatados é maior do que a de leite sem gordura e suco de laranja fortificado com cálcio em mulheres, 2005.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 25 jul. 2022.
3. ESPIE, NÓS; MADDEN, RH A carbonatação do leite refrigerado a granel. Milchwissenschaft, v. 52, n. 5, pág. 249-252, 1997. SINGH, P.; WANI, AA; KARIM, AA; LANGOWSKI, HC **O uso de carbono dióxido de carbono no processamento e embalagem de leite e produtos lácteos: uma revisão**. Int. J. Laticínios Technol., v. 64, p. 1-17, 2011.
4. JARDIM, F. B. B.; SANTOS, E. N. F.; ROSSI, D. A.; MELO, R. T.; MIGUEL, D. P.; ROSSI, E. A.; SYLOS, C. M. **Desenvolvimento de bebida láctea carbonatada**. Alim. Nutr., Araraquara, v. 23, n. 2, p. 275-286, abr./jun. 2012.
5. LIMA, S. M. C. G.; MADUREIRA, F. C. P.; PENNA, A. L. B. **Bebidas lácteas: nutritivas e refrescantes**. Milkbuzz Technol., v. 1, n. 3, p. 4-11, 2002.
6. PRUDÊNCIO, ES Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 1, pág. 103-116, jan./mar. 2008.
7. RAVINDRA, M. R.; RAO, K. J.; NATH, B.S.; RAM, C. Extended shelf life flavoured dairy drink using dissolved carbon dioxide. **Journal of Food Science Technology**, v. 51, 2011.
8. SOARES, Bruna C. V.; QUTÉRIO, Simone L.; VENDRAMEL, Simone M. R.

Tratamento de efluentes na indústria de laticínios. 2018. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria/tratamento-de-efluentes-na-industria-de-laticinios-211719/>. Acesso em: 25 jul.2022.

9.STEPHANI, Rodrigo; PERRONE, Ítalo Tuler. Mass balance applied to the sweetened condensed milk technology: theoretical considerations. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 387, p.49-56, 2012.

10.THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 26, n. 3, p. 589-595, 2006.

11. IANNA, P. C. B. Adição de dióxido de carbono ao leite cru: efeito sobre a qualidade e vida de prateleira do leite UHT. 2010. 94 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - **Faculdade de Engenharia de Alimentos**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

12. IDAL, Ana Maria Centola; NETTO, Arlindo Saran. **Obtenção e processamento de leite e derivados**. Pirassununga: FZEA- USP, 2018. 229 p.

13.ZACARCHENCO, PB; MASSAGUER-ROIG, S. **Avaliação sensorial, microbiológica e de pós-acidificação durante a vida-de-prateleira de leites fermentados contendo *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium longum* e *Lactobacillus acidophilus***. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 24, n. 4, pág. 674-679, out./dez. 2004.

11.2. Capítulo 2- Soro de leite e seus benefícios para indústria de alimentos e consumidores

Artigo de revisão publicado na Revista Indústria de laticínios em outubro de 2023

SORO DE LEITE E SEUS BENEFÍCIOS PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E

CONSUMIDORES

Roberta Cristina de Lima Gomes dos Santos Lasset, Adriano G. Cruz.

(*) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro,
Departamento de Alimentos

RESUMO

O soro de leite é um importante subproduto, gerado pelos laticínios através da caseificação, com o desenvolvimento de novas tecnologias e com melhor entendimento do soro como matéria-prima, das propriedades nutricionais e tecno-funcionais de suas proteínas, este subproduto se tornou muito valorizado pelas indústrias alimentícias. Algumas das funcionalidades do soro de leite são seu poder antioxidante, anti-hipertensivo, antitumoral, hipolipemiante, antiviral, antibacteriano e agente quelante. Alguns pesquisadores indicam que o soro tem uma contribuição na nutrição esportiva, ajudam no controle do peso corporal, são utilizados como estabilizantes em alimentos, aumento em teor nutritivo em bebidas lácteas. O soro de leite não precisa mais ser visto como um subproduto descartável e sem estímulo para seu aproveitamento, mas sim como uma fonte de novas aplicações onde esse, como foi mostrado, só tem a acrescentar em diversos ramos industriais porque demonstra uma grande versatilidade tecnológica.

Palavras-chaves: soro; subproduto; benefícios; nutrição; processamento;

INTRODUÇÃO

Durante a produção de 1 kg de queijo é produzido em média 9 litros de soro de leite, esse soro contém mais da metade dos sólidos presentes no leite original, grande parte da lactose, as proteínas do soro (20% da proteína total), (aminoácidos essenciais, alto valor de proteínas do complexo B, lactoferrina, β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, glicomacropeptídeos, imunoglobulinas, e minerais importantes, como o cálcio) e uma quantidade mínima de gordura (ATRA et al., 2005; BALDASSO et al., 2011). Com o desenvolvimento de novas tecnologias e com um melhor entendimento do soro como matéria-prima, das propriedades nutricionais e tecno-funcionais de suas proteínas, este subproduto se tornou muito valorizado pelas indústrias alimentícias. Diversos fatores influenciam na composição e nas características tecnológicas e funcionais dos produtos obtidos a partir das proteínas do soro, dentre eles, a fonte do leite, o método de produção, o tipo de queijo e o processamento (REZAEI et al., 2011).

Algumas das alternativas para aproveitamento do soro são: ricota, bebidas lácteas, soro em pó, concentração e fracionamento das proteínas com secagem posterior (CANCINO, et al.,

2006).

O soro de leite é um importante subproduto, gerado pelos laticínios através da caseificação, ou seja, após a coagulação da caseína, variando suas características de acordo com a qualidade do leite e o tipo de processamento (MARSHALL, 2004; SMITHERS, 2008). De acordo com o tipo de coagulação sofrida pela caseína na fabricação de queijos, possui duas tipologias: o soro doce, obtido pela coagulação enzimática da caseína, e o soro ácido, obtido pela coagulação por bactérias lácticas ou adição direta de ácido mineral ao leite (MUCCHETTI; NEVIANI, 2006).

O poder poluente do soro de leite, com uma DBO cerca de 175 vezes maior do que os típicos efluentes de esgoto, levou os governos e outras autoridades reguladoras a restringir e/ou proibir o escoamento do soro de leite não tratado. Mesmo após diversos estudos comprovando a potencialidade do soro de leite como matéria-prima, muitas indústrias ainda o consideram como resíduo e o descartam como um efluente.

Algumas funcionalidades do soro de leite são seu poder antioxidante, anti-hipertensivo, antitumoral, hipolipemiante, antiviral, antibacteriano e agente quelante (MARSHALL, 2004; YALCIN, 2006; KRISSANSEN, 2007). Alguns pesquisadores indicam que o soro tem uma contribuição na nutrição esportiva (com altos níveis de aminoácidos essenciais), ajudam no controle do peso corporal (reguladores do metabolismo lipídico), auxilia na saúde cardíaca e construção óssea (KLEIBEUKER, 2009), suas proteínas são rapidamente absorvidas e por este motivo, pessoas que praticam exercícios físicos, quando ingerem destes suplementos, apresentam maior ganho de força e de hipertrofia muscular, por desencadearem a síntese proteica.

O presente artigo tem como objetivo apresentar os principais benefícios no aproveitamento do soro de leite para alimentação humana, saúde e produtos alimentícios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando as palavras-chaves: soro de leite, whey em inglês e português, na base de dados do Periódicos Capes, Science Direct e Google Acadêmico, além de buscas diretas em sites de organismos nacionais como ANVISA, MAPA e EMBRAPA acessando relatórios e legislações.

2.1 SORO DO LEITE

O soro contém uma ampla gama de componentes com alguns de alto valor nutricional e atividades biológicas, o que tem intensificado sua exploração no uso do mesmo. O principal

foco tem sido nas proteínas que são aplicadas como matéria-prima multifuncional com propriedades de aeração, emulsificação, gelatinização e alta solubilidade, que fornecem à formulação a capacidade de desenvolver um alimento com apelo no sabor, sensação palatável e boa aparência. Na grande parte da aplicação como ingrediente, pode ser utilizado na forma líquida ou como concentrado protéico do soro (do inglês “Whey Protein Concentrate” – WPC) ou ainda isolado proteico do soro (“Whey Protein Isolate” – WPI) na forma de pó (KLEIBEUKER, 2009).

Whey é uma rica fonte de proteína, contendo todos os aminoácidos essenciais necessários ao corpo humano. É frequentemente usado como suplemento dietético por atletas e fisiculturistas porque é rapidamente absorvido pelo corpo humano e ajuda a construir e reparar o tecido muscular.

2.2 APLICAÇÕES DO SORO DE LEITE

O soro de leite contém uma variedade de propriedades que o tornam um ingrediente útil em uma ampla gama de aplicações, incluindo:

Proteína de alta qualidade: whey é uma rica fonte de proteína, contendo todos os aminoácidos essenciais necessários ao corpo humano, um excelente ingrediente para uso em nutrição esportiva e suplementos dietéticos.

Digestão rápida: a proteína de soro de leite é rapidamente absorvida pelo corpo, tornando-a uma escolha ideal para recuperação pós-treino e construção muscular.

Baixo teor de gordura e carboidratos: whey protein é pobre em gordura e carboidratos, o que o tornou uma ótima opção para quem procura aumentar a ingestão de proteínas sem consumir calorias em excesso.

Rico em minerais: Whey contém uma variedade de minerais, incluindo o cálcio, potássio e magnésio, que são essenciais para a saúde dos ossos, músculos e saúde em geral.

Versátil: pode ser utilizado em uma variedade de produtos alimentícios, incluindo barras de proteína, bebidas e pós treinos. Também é comumente usado na produção de alimentos processados como assados, molhos e temperos.

2.3 BENEFÍCIOS PARA SAÚDE

A proteína de soro de leite é um suplemento dietético popular usado para promover o crescimento muscular e a recuperação após o exercício, mas também oferece vários outros benefícios potenciais à saúde.

- Construção de recuperação muscular: whey protein é uma proteína de alta qualidade que é facilmente digerida e absorvida pelo corpo. Ele contém todos os aminoácidos

essenciais necessários para construir e reparar o tecido muscular, tornando-o um suplemento ideal para atletas.

- Controle de peso: whey protein pode ajudar a promover a perda de peso, aumentando a sensação de saciedade e reduzindo a ingestão de calorias. Também melhora a composição corporal, reduzindo a gordura corporal e aumentando a massa muscular magra.
- Função imunológica melhorada: A proteína de soro de leite contém imunoglobulinas e outros compostos que podem ajudar a aumentar a função imunológica e proteger contra doenças.
- Redução da pressão arterial: Alguns estudos sugeriram que a proteína do soro de leite pode ajudar a reduzir a pressão arterial, principalmente em indivíduos com hipertensão.
- Níveis de colesterol reduzidos: A proteína de soro de leite pode ajudar a diminuir os níveis de colesterol LDL (ruim), o que pode reduzir o risco de doenças cardíacas.
- Controle de açúcar no sangue: whey protein pode ajudar a melhorar o controle de açúcar no sangue, aumentando a sensibilidade à insulina e reduzindo a resistência à insulina.

A proteína de soro de leite é um alimento rico em nutrientes que oferece diversos benefícios potenciais à saúde. O valor biológico das proteínas do soro é alto quando comparado ao de outras proteínas, pois apresentam em sua composição alto conteúdo de aminoácidos essenciais em excesso às recomendações nutricionais de consumo, com exceção dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina) que embora não estejam presentes em excesso, atendem às recomendações para todas. Essas proteínas apresentam uma alta concentração de aminoácidos de cadeia ramificada como leucina, isoleucina e valina (MARSHALL, 2004) e também, mais aminoácidos contendo enxofre, tais como cisteína e metionina quando comparadas à caseína. Muitas proteínas do soro são associadas às funções imunes ou digestivas. Além disso, o soro é uma grande fonte de Ig e BSA e, por isso, oferece proteção contra infecções, já que estimulam a produção de linfócitos (YADA, 2004).

2.4. APLICAÇÃO DO SORO DE LEITE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E BEBIDAS

O desenvolvimento de alimentos com soro de leite é uma prática comum na indústria de alimentos. O soro de leite é um subproduto líquido da produção de queijo, que contém uma variedade de componentes nutricionais, como proteínas, lactose, minerais e vitaminas. Para evitar o descarte do soro de leite, muitas empresas o utilizam como um ingrediente para criar novos produtos alimentícios.

Os concentrados proteicos de soro são valiosos como ingredientes alimentares por apresentarem alta solubilidade em ampla faixa de pH. Tal propriedade permite sua aplicação em bebidas para esportistas, com possibilidade de fornecimento de proteínas em quantidades similares às contidas em uma refeição diária. A ação emulsificante dos concentrados proteicos de soro encontram ampla aplicação na formulação de molhos para saladas, cremes artificiais de café, bebidas nutricionais e sopas (USDEC, 2014).

A capacidade de produtos à base de proteínas do soro de absorver água e as características de gelificação permite sua aplicação como ingredientes em produtos assados e em carne processada.

A beta-lactoglobulina, proteína mais abundante no soro de leite bovino, pode ser usada como agente estabilizante em produtos como iogurte, a alfa-lactoalbumina que é fonte de aminoácidos essenciais, sendo aplicada em suplementos para fórmulas infantis por apresentar semelhança com as proteínas presentes no leite humano (SHARMA, 2018).

O soro também pode ser utilizado no desenvolvimento de bebidas lácteas, como iogurtes líquidos e smoothies, podendo adicionar nutrientes adicionais, sabor e textura às bebidas. Além disso, o soro de leite pode ser fermentado para produzir bebidas probióticas, que fornecem bactérias benéficas para o intestino.

Industrialmente utilizado na produção de pães, bolos, biscoitos e outros produtos de panificação, o soro fornece melhor textura, aumenta o tempo de vida útil e enriquece os produtos com proteínas e minerais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante do crescimento contínuo da população mundial surgem os desafios por processamentos de alimentos de formas responsáveis e sustentáveis. Os esforços para encontrar recursos para a redução de descarte de resíduos industriais e alimentar a população mundial estão sendo realizados. O soro de leite, o principal resíduo oriundo dos fluxos de processamentos da indústria de laticínios gerado em grande quantidade. Os estudos científicos e desenvolvimentos tecnológicos levaram à recuperação de componentes do soro de leite, com propriedades nutricionais excelentes e a conversão desse resíduo em produto com valor agregado.

Quanto ao soro de leite, a sua maior utilização é uma necessidade da indústria de laticínios, pelos diversos motivos apresentados, a variedade e funcionalidade das proteínas provenientes do soro permitem a adequação da sua utilização para determinadas aplicações em alimentos.

As proteínas do soro podem aumentar o valor nutricional dos alimentos usados na dieta

humana, considerando a elevada quantidade de aminoácidos essenciais e qualidade proteica.

CONCLUSÃO

Diante do que foi apresentado fica evidente o grande número de alternativas que podem ser aplicadas para reutilização desse subproduto tão rico em proteínas, lactose e sais minerais que em muitas empresas ainda é desperdiçado. Foram citados artigos relacionados ao reaproveitamento do soro de leite, apresentando as possibilidades de uso nos alimentos e bebidas, seus benefícios para a saúde humana e infantil. A importância de tal aproveitamento se mostra cada vez mais necessário no cenário atual, pois a procura por meios que minimizem o impacto causado ao meio ambiente é crescente, devido à tentativa de preservar o que ainda não foi atingido pelo uso. Uma questão econômica, onde o tratamento para descarte desse subproduto, é dispendioso e essas aplicações que visam o uso do soro para a fabricação de outros produtos pode ser lucrativo, aumentando assim o catálogo de mercadorias oferecidas pela empresa e alcançando um mercado consumidor mais extenso.

O soro de leite não precisa mais ser visto como um subproduto descartável e sem estímulo para seu aproveitamento, mas sim como uma fonte de novas aplicações onde esse, como foi mostrado, só tem a acrescentar em diversos ramos industriais porque demonstra uma grande versatilidade tecnológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Maura Pinheiro. et al. Whey: technologies for coproducts production; Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 212-226, mai/jun, 2014.

ANDRADE, R. S.; NETO, J. A. A.; LOPES, R. C. S. Q. Valorização biotecnológica de soro de leite por fermentação utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 11, n. 2, 2015.

ATRA, R. et al. Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. Journal of Food Engineering, v. 67, n. 3, p. 325-332, 2005.

BALDASSO, C. ; BARROS, T. C.; TESSARO, I. C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. Desalination, v. 278, n. 1-3, p. 381-386, 2011.

BAUMAN, D. E. et al. Major advances associated with the biosynthesis of milk. *Journal of Dairy*

Science, v. 89, n. 4, p. 1235- 1243, 2006.

PARASKEVI TSERMOULA , BEKZOD KHAKIMOV, JACOB HOLM NIELSEN, SØREN BALLING Engelsen. WHEY - O fluxo de resíduos que se tornou mais valioso que o produto alimentar. Elsevier, Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 118 (2021).

CANCINO, B. et al. Whey concentration using microfiltration and ultrafiltration. Desalination, v. 200, n. 3, p. 557-558, 2006.

MARSHALL, K. Therapeutic applications of whey protein. Alternative Medicine Review, v. 9, n. 2, p. 136-156, 2004.

KLEIBEUKER, J. Whey, the way of innovation in the dairy sector. International Dairy Magazine, Madison, v. 9, n. 15, p. 30-31, 2009.

KRISSANSEN, G. W. Emerging health properties of whey proteins and their clinical implications. Journal of the American College of Nutrition, Auckland, v. 26, n. 6, p. 713-723, 2007.

MARSHALL,K. Therapeutic applications of whey protein. Alternative Medicine, Buffalo, v. 9, n. 2, p. 136-156, 2004.

MUCCHETTI, G.; NEVIANI E. Microbiologia e tecnologia lattiero-casearia: qualità e sicurezza. Tecniche Nuove, Milão, Itália, 2006.

REZAEI, H.; ASHTIANI, F.; FOULADITAJAR, A. Effects of operating parameters on fouling mechanism and membrane flux in cross-flow microfiltration of whey. Desalination, v. 274, n. 1- 3, p. 262-271, 2011.

SMITHERS, G. W. Whey and whey proteins – from ‘gutter-to-gold’. International Dairy Journal, Alberta, v.18, n.7, p.695-704, 2008.

UNITED STATES DAIRY EXPORT COUNCIL (USDEC). Dairy Ingredients Application Library – WPC &WPI. Disponível em: <[http:// www.usdec.org/Library/DIAL.cfm](http://www.usdec.org/Library/DIAL.cfm)>. Acesso em: 20 junho de 2023

YADA, R. Y. Protein in food processing. England: Woodhead Publishing, 2004. 689 p.

YALCIN, A. S. Emerging therapeutic potential of whey proteins and peptides. Current Pharmaceutical Design, Haydarpasa-Istanbul, v. 12, n. 13, p. 1637-1643, 2006.

11.3. Capítulo 3- Refrigerante de soro de leite: Uma inovação da indústria de laticínios

Artigo publicado na Revista Técnica da Agroindústria, vol. 01, n. 01 – Artigo 009/2024

REFRIGERANTE DE SORO DE LEITE: UMA INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Roberta Cristina L.G. S. Lasset¹, Junio Cesar J. de Paula², Elson Rogério T. Filho¹, Erick A. Esmerino³, Adriano G. Cruz¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Departamento de Alimentos, ²Epamig Instituto de Laticínios Cândido Tostes, ³Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Medicina Veterinária
Contato:robertta.ggomes@gmail.com



O processo de fabricação de refrigerante de soro de leite apresenta uma solução para indústria de laticínios como um aproveitamento de subproduto da fabricação de queijos.

INTRODUÇÃO

A indústria brasileira no setor de laticínios representa grande importância no setor econômico brasileiro. O principal efluente gerado por esse setor é o soro de queijo. (Lourençato, 2019). Cerca de 50% desse soro não é aproveitado, gerando assim um desperdício nutricional, financeiro e impactos ambientais consideráveis. Visto que o soro apresenta alto teor orgânico e é um efluente líquido com maior carga poluidora dos laticínios.

Algumas formas de aproveitamento do soro de leite são: elaboração de bebidas lácteas (por ser uma bebida atrativa e com a possibilidade do uso dos equipamentos já existentes nos laticínios), ricota, doce de leite, soro em pó, concentrados protéicos e a aplicação desse soro em alimentos. Ainda assim, a necessidade de novas aplicações do soro, visando agregar valor e transformar um resíduo em matéria-prima rica. (Paula, 2005).

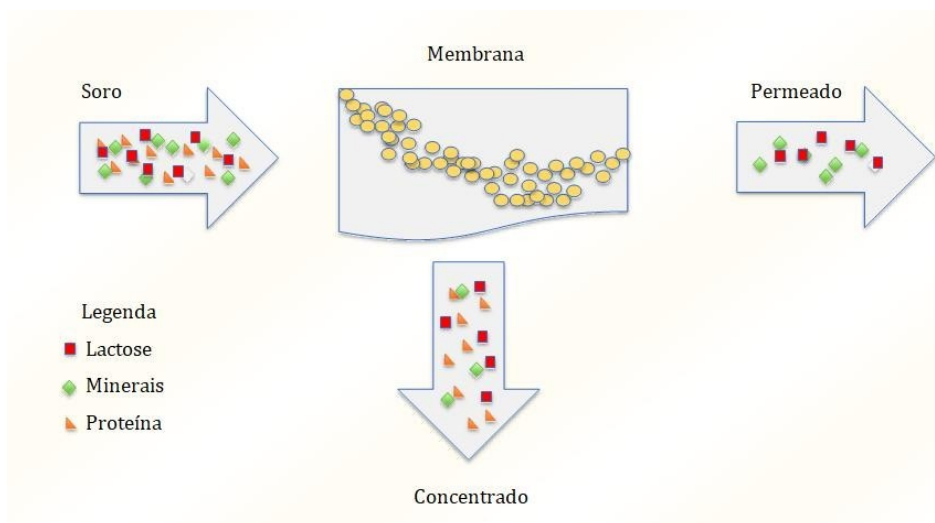
Na fabricação de bebidas à base de soro de leite é aplicação de tecnologias de membranas (ultra filtração), com o intuito de fabricar o permeado de soro com baixo teor de proteínas para elaboração de bebidas carbonatadas. O permeado de soro apresenta alguns componentes importantes como lactose, nitrogênio, vitaminas e minerais importantes para saúde humana. (Chenetal, 2019).

Uma das maneiras de inovar na indústria de laticínios é agregar valor a um coproduto, reduzindo assim seu desperdício e minimizando o impacto ambiental que o soro de leite pode gerar. O desenvolvimento de produtos benéficos a saúde dos

consumidores

não é somente uma tendência, mas também uma necessidade econômica, na utilização de um produto com baixo custo nas indústrias de laticínios e criando produtos mais atraentes para os consumidores mais exigentes, como o desenvolvimento de refrigerante à base de soro de leite. (Ayupp,2022).

Figura1. Processo de ultrafiltração do soro de leite. (Adaptado de Baldasso,2011)



PROCESSAMENTO DE REFRIGERANTE DE SORO DE LEITE

O processamento de refrigerante de soro de leite é uma inovação significativa na indústria de laticínios. O processo de fabricação envolve a remoção de impurezas e a concentração dos componentes desejáveis do soro de leite, como proteínas, lactose e minerais, para criar uma base para o refrigerante. As bebidas carbonatadas tendem a ser mais aceitas, pois provocam sensação de refrescância. O processo de carbonatação consiste na dissolução do CO₂ em meio líquido a níveis específicos. Um dos maiores desafios na utilização de dióxido de carbono (CO₂) em bebidas lácteas é a capacidade de desestabilizar as proteínas do leite (Paula, 2005), uma das opções para resolução dessa problemática é a utilização do soro desproteinado (permeado) através do processo de ultrafiltração (Figura 1) (Ayupp, 2022).

O processo de ultrafiltração com membranas permite uma variação na

concentração dos componentes essenciais para a bebida, permitindo assim que a bebida tenha apenas sais e lactose, sem risco da precipitação das proteínas durante o processo de carbonatação. A indústria de laticínios utiliza o processo de ultrafiltração para concentrar as proteínas do leite e do soro, com a finalidade de produzir produtos ricos em proteínas como exemplo os isolados de proteínas, concentrados proteicos, uma das adequações para bebidas com soro de leite.

A carbonatação de bebidas lácteas é um processo desafiador devido à natureza dos componentes lácteos, que podem interferir na formação e estabilidade das bolhas de CO₂. O soro para ser usado como matéria-prima na fabricação de bebidas carbonatas deve ser desproteinado, ou seja, aquele soro resultante da concentração do leite por tecnologias de membranas (ultrafiltração ou microfiltração). Outro ponto que também pode ser considerado um grande impasse é a formação de ácido carbônico e consequente abaixamento de pH durante o processo de carbonatação. Neste caso, sugere-se optar pela elaboração de bebidas lácteas acidificadas, que além de já possuírem pH baixo, conseguem atingir longos prazos de validade quando se agrega à carbonatação (De Paula *et al*, 2021).

A figura 2 mostra as etapas envolvidas no processamento de um refrigerante de soro de leite; de forma geral as etapas são semelhantes aos refrigerantes normais, o que minimiza o uso de instalações específicas para o processamento deste produto em um laticínio, sendo apenas necessário a aquisição de um carbonatador.

O processo de fabricação de refrigerante de soro de leite apresenta uma alternativa sustentável para indústria de laticínios como aproveitamento de subproduto da fabricação de queijos, agregando valor ao produto final com foco na redução de desperdícios de um produto rico proteínas, lactose e nutrientes minimizando o impacto ambiental. Entretanto visto o elevado teor normalmente de açúcar nos refrigerantes, a adição de prebióticos que também conferem o gosto doce pode contribuir para a reformulação deste produto.

Figura2. Etapas envolvidas no processamento de um refrigerante de soro de leite.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a carbonatação de bebidas lácteas apresente desafios, também oferece oportunidades para criação de produtos inovadores e diferenciados no mercado de bebidas. Neste sentido, o desenvolvimento do refrigerante de soro de leite representa uma inovação significativa na indústria de laticínios, oferecendo benefícios tanto do ponto de vista ambiental quanto para o comercial. Essa abordagem criativa e inovadora para o aproveitamento de subprodutos demonstra o potencial de transformar resíduos em recursos valiosos e na contribuição para indústrias mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AYUPP,J.D.S.Desenvolvimento de bebida carbonatada de kefir à base de soro de leite permeado de ultrafiltração. 2022. 62p. Conclusion work Project (Graduate in Food Engineering)- Federal University of Juiz de Fora,2022.

BALDASSO,C.;BARROS,T.C.;TESSARO,I.C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. Desalination,v.278, n.1-3,p.381-386,2011.

CHEN,G.Q.; LEONG,T.S.H.; KENTISH,S.E.; ASHOKKUMAR,M.; MARTIN,G.J.O. Membrane Separation sin the Dairy.

Industry.In: GALANAKIS,C. (Ed.) Separation of Functional Molecules in Food by Membrane Technology. Elsevier, 2019, 432p.

LOURENÇATO,L. Carbonated probiotic dairy beverage with Sicilian lemon flavor. 2019. 54p. Conclusion work project (Graduate in Food Engineering) – Federal University of Rio Grande do Norte, Natal-RN,2019.

MILKPOINT. Refrigerante de soro de leite chega ao mercado em 2018. Disponível em <http://www.milkpoint.com.br>;Acesso em 15 abril 2024.

PAULA,J. C.J. Elaboração e estabilidade de bebida carbonatada aromatizada à base de soro de leite. 2005.70p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

PAULA,J. C.J. Refrigerante de soro de leite: Produção e desafios. Disponível em: www.milkpoint.com.br. Acesso em 15 abril 2024.

11.4. Capítulo 4- Redução de açúcar em produtos lácteos: Prebióticos podem ser uma alternativa?

Artigo publicado na Revista Técnica da Agroindústria, vol. 01, n. 01 – Artigo 022/24 de maio de 2024

REDUÇÃO DE AÇÚCAR EM PRODUTOS LÁCTEOS: PREBIÓTICOS PODEM SER UMA ALTERNATIVA?

Roberta Cristina L. G. S. Lasset¹, Junio Cesar J. Paula², Adriano G. Cruz¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Departamento de Alimentos, ² Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto de Laticínios

Candido Tostes

Contato: robertta.ggomes@gmail.com



A aplicação de prebióticos em produtos lácteos como alternativa reformulação tendo como objetivo a substituição parcial/ total da quantidade de açúcar pode se constituir em uma alternativa interessante, com adicional efeitos benéficos à saúde humana.

INTRODUÇÃO

Devido à preocupação de saúde pública associada ao consumo de açúcares adicionados, a Organização Mundial da Saúde (OMS), recomenda a redução do açúcar em alimentos processados. Os alimentos lácteos são altamente consumidos pela população mundial e a redução de açúcares pode reduzir a carga de doenças crônicas como diabetes tipo 2, obesidade e doenças cardiovasculares. (MAHATO, 2020). A OMS recomenda que a ingestão de açúcares livres (incluindo açúcar adicionado) seja limitada a menos de 10% da ingestão calórica total. Idealmente, a OMS sugere que a redução para menos de 5% da ingestão calórica total traz benefícios adicionais à saúde. (MAHATO, 2020).

A redução da quantidade de açúcares nos produtos lácteos é uma tendência e um grande desafio para as indústrias, pois o açúcar apresenta um papel importante no sabor, coloração, textura, consistência e sua redução pode alterar significativamente a qualidade sensorial do produto final. (ANTUNES et al., 2022). Para substituição parcial ou total do açúcar é indicado o uso de adoçantes naturais ou artificiais (sintéticos), ou agentes de volume. Os adoçantes devem apresentar algumas características específicas como poder de doçura semelhante ou

superior ao da sacarose e as substituições do açúcar por agentes de volume deve ser realizada com cautela, pois podem contribuir com aumento de calorias e apresentar efeitos laxativos. (MCCAIN et al., 2018).

Os prebióticos são substratos que são utilizados seletivamente por microrganismos hospedeiros e conferem benefícios à saúde, não somente ao intestino grosso, mas em todo trato intestinal (Gibson et al., 2017).

PREBIÓTICOS EM PRODUTOS LÁCTEOS

Os prebióticos podem ser uma alternativa parcial / total de açúcar em produtos lácteos, com um adicional de trazer benefícios a saúde do consumidor, por estimular o crescimento de bactérias probióticas no intestino humano, executando uma modulação positiva. Eles podem ser aplicados para na formulação de produtos lácteos, apresentando melhorias nos parâmetros de qualidade sensorial, em particular do gosto doce. O efeito dos componentes está relacionados ao tipo de prebiótico utilizado, concentração, processamento e armazenamento. (DESLAGDO- FERNÁNDEZ et al. 2019).

São relatados exemplos de prebióticos aplicados em produtos lácteos, apresentando evidências do potencial benéfico para utilização na indústria alimentar, tanto para a produção de alimentos com características sensoriais, como para produção de novos alimentos com apelo funcional. A aplicação de alguns prebióticos podem acrescentar características tecnológicas aos produtos, como: propriedades sensoriais, melhoria na textura, características físico-químicas, aumento no teor de fibras e na substituição parcial de açúcares e gorduras (MCCAIN et al., 2018). As mudanças e quantidades de prebióticos adicionados dependem do tipo de alimento e prebiótico que será utilizado.

A substituição parcial e/ou total de açúcar por prebióticos em produtos lácteos ainda não é relatado em grande extensão na literatura. Contudo os trabalhos publicados mostram resultados interessantes e indicam um potencial a ser explorado pela comunidade científica que podem resultar em resultados práticos para a indústria de produto lácteos e servir como ponto de partida para a reformulação de seus produtos que na grande maioria das vezes são consumidos pelo público infantil. O Quadro 1 mostra os prebióticos utilizados em produtos lácteos e os resultados obtidos com relação aos aspectos sensoriais, em particular o gosto doce.

É importante observar que testes sensoriais afetivos como o método tempo-intensidade, temporal e dinâmicos para avaliar a percepção do gosto doce no produto junto a consumidores devem ser realizados para se ter um entendimento mais sólido e a de preferência a dosagem a ser adicionada no produto deve conferir a efeito

prebiótico na literatura, para que os benefícios possam ser atingidos.

Quadro 1. Trabalhos relacionados a adição de prebióticos em produtos lácteos para substituição parcial/total de açúcar.

Produto lácteo	Prebiótico	Características	Quantidade	Referências
Iogurte	GOS e FOS	Formação de aroma doce, sabores doces e amanteigados.	2 e 4%	Rosa et al (2021)
Sorvete de leite de ovelha sabor creme	Inulina, FOS	Melhoria sensorial, brilho, doçura,	10%	
Bebida de soro de leite sabor morango	XOS	Maior aceitação sensorial (aroma, textura e gosto geral)	1,25%	
Sobremesa láctea sabor chocolate	FOS	Aumento na aceitação no sabor. Nenhum efeito na consistência ou na impressão geral.	4%	
Sorvete de baunilha	GOS	Características sensoriais semelhantes às do sorvete controle, adicionado de sacarose.	1,5%	

* GOS, XOS, FOS= galactoligossacarídeo, xiloligossacarídeo e frutoligossacarídeo. Respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de prebióticos em produtos lácteos representa uma interessante alternativa substituição parcial ou total de açúcares. Testes sensoriais com consumidores devem ser realizados para avaliação da percepção sensorial do sabor do produto, em particular o gosto doce, e ainda verificar sua aceitação além de sua interferência em outros atributos sensoriais como a textura. Com isso será possível otimizar a dosagem do ingrediente prebiótico na formulação do produto lácteo, aumentando um êxito de sua comercialização e sucesso em vendas.

REFERÊNCIAS

Antunes, et al., Dairy foods reformulation by lower salt, sugar, and fat content. In: Dairy Foods, Processing, Quality, and Analytical Techniques (Cruz et al., Editors). 2022, 373 pp.

Cosme, V. et al., An overview of prebiotics and their applications in the food industry.

European Food Research and Technology, 249, 2957–297.

Gibson, G.R. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics; Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology, 14, 491–50, 2017.

MCain, et al., Sugar reduction in dairy products. Journal of Dairy Science, 101, 8619-8640, 2018.

Rosa et al., Dairy products with prebiotics: An overview of the health benefits, technological and sensory properties. International Dairy Journal., 117, 105009, 2021.