

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E
DERIVADOS

Carla Gravel da Costa Osta

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE SUCO CONCENTRADO DE CANA NO
DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA LÁCTEA ADICIONADA DE PROBIÓTICOS

JUIZ DE FORA

2024

Carla Gravel da Costa Osta

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE SUCO CONCENTRADO DE CANA NO
DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA LÁCTEA ADICIONADA DE PROBIÓTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados. Área de concentração: Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Orientadora: Dr^a. Denise Sobral

Coorientadores: Dr. Junio Cesar Jacinto de Paula

Dr^a. Renata Golin Bueno Costa

JUIZ DE FORA

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Gravel da Costa Osta, Carla.

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE SUCO CONCENTRADO DE CANA NO DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA LÁCTEA ADICIONADA DE PROBIÓTICOS / Carla Gravel da Costa Osta. -- 2024.

87 p. : il.

Orientador: Dra. Denise Sobral

Coorientadoras: Dr. Junio Cesar Jacinto de Paula, Dra. Renata Golin Bueno Costa

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, 2024.

1. Bebida láctea fermentada. 2. Cana-de-açúcar. 3. Fermentação láctica. 4. Microbiota intestinal. 5. Probióticos. I. Sobral, Dra. Denise , orient. II. Cesar Jacinto de Paula, Dr. Junio, coorient. III. Golin Bueno Costa, Dra. Renata , coorient. IV. Título.

Carla Gravel da Costa Osta

**Efeito da utilização de suco concentrado de cana no desenvolvimento de
bebida láctea adicionada de probióticos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados. Área de concentração: Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Aprovada em 29 de agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Denise Sobral - Orientadora
EPAMIG/ILCT

Prof. Dr. Junio César Jacinto de Paula - Coorientador
EPAMIG/ILCT

Profa. Dra. Renata Golin Bueno Costa - Coorientadora
EPAMIG/ILCT

Profa. Dra. Vanessa Aglaê Martins Teodoro
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Alessandra Pereira Sant'Anna Salimena
EPAMIG/ILCT

Juiz de Fora, 15/08/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Denise Sobral, Usuário Externo**, em 07/11/2024, às 09:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Golin Bueno Costa, Usuário Externo**, em 07/11/2024, às 14:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Junio Cesar J. de Paula, Usuário Externo**, em 07/11/2024, às 14:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Aglaê Martins Teodoro, Professor(a)**, em 08/11/2024, às 11:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Pereira Sant Anna Salimena, Usuário Externo**, em 08/11/2024, às 13:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1926580** e o código CRC **E5049554**.

Ao meu saudoso avô Francisco, de quem o amor e a dedicação foram fundamentais para o meu percurso acadêmico e pessoal.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por estar presente, me iluminando, concedendo sabedoria para trilhar novos caminhos.

À minha mãe, Sandra, pela educação, pelo amor incondicional e pelo exemplo de força e determinação.

À minha avó Cleuza, pelos ensinamentos, carinho, apoio e orações.

Ao meu filho Abrahão, por sua existência em minha vida, proporcionando-me alegria todos os dias.

Ao meu marido Abrahão, pela consideração e apoio, que foram fundamentais durante todo este processo.

Aos meus primos Eliane e Alerrisandro, por toda ajuda, apoio, carinho e acolhimento em Juiz de Fora-MG.

Ao Giovane, pela constante inspiração, apoio e dedicação ao longo desta jornada acadêmica. Sua presença e contribuições foram essenciais para o meu desenvolvimento.

Às minhas amigas Áurea Alice Campos Oliveira, Rosângela Simões Gonçalves e Soyla Carla Marcelino de Oliveira pela constante atenção, carinho e dedicação demonstradas ao longo deste trabalho.

À minha orientadora, professora e pesquisadora Dra. Denise Sobral, pelo apoio, comprometimento, atenção e orientação na execução de todo o projeto da pesquisa, tornando-o possível.

Aos meus coorientadores, professores e pesquisadores Dr. Junio Cesar Jacinto de Paula e Dr^a. Renata Golin Bueno Costa, pelo apoio, comprometimento, atenção e orientação na execução de todo o projeto da pesquisa, tornando-o possível.

À Universidade Federal de Juiz de Fora pela oportunidade de desenvolver este trabalho no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados (parceria EPAMIG, EMBRAPA e UFJF).

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, em especial, à Dr^a. Mirian Pereira Rodarte, Dr^a. Maria José Valenzuela Bell, Dr^a. Renata Golin Bueno Costa, Dr^a. Vanessa Aglaê Martins Teodoro, Dr^a. Claudety Barbosa Saraiva, Dr^a. Marta Fonseca Martins, Dr. Marcelo Henrique

Otênio, Dr. Paulo Henrique Fonseca da Silva, Dr. Rodrigo Stephani e Dr. Humberto Moreira Húngaro.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Gado de Leite) pelo acolhimento e pela disponibilização de instalações, laboratórios e equipamentos essenciais para as atividades da disciplina, contribuindo significativamente para o enriquecimento do aprendizado e o desenvolvimento deste estudo.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) – Instituto de Laticínios Cândido Tostes (ILCT) pela utilização das instalações industriais, laboratoriais e equipamentos para o desenvolvimento deste estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio fundamental que viabilizou a realização deste projeto.

Às bolsistas de pesquisa de Desenvolvimento em Ciência, Tecnologia e/ou Inovação (BDCTI), Dra. Alessandra Pereira Sant'Anna Salimena e M.Sc. Letícia Scafutto e ao funcionário Sebastião Afonso Filho pela reluzente ajuda na execução do projeto.

À professora e pesquisadora Dr^a. Gisela de Magalhães Machado Moreira e todas as alunas bolsistas de pesquisa que auxiliaram na execução das análises físico-químicas, expresso meu profundo agradecimento pela contribuição fundamental para a realização destas análises.

À bolsista de pesquisa de Desenvolvimento em Ciência, Tecnologia e/ou Inovação (BDCTI) M.Sc. Juliene Duarte Silva Ayupp, pelo seu apoio inestimável, empatia e atenção dedicados à resolução de questões técnicas relacionadas à execução deste projeto.

À secretária do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Juliana, por toda atenção e prontidão nos momentos de dúvidas.

À todos que contribuíram para que essa realização fosse possível.

Meus sinceros agradecimentos.

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu”.

Eclesiastes 3:1

RESUMO

O interesse por uma alimentação equilibrada e um estilo de vida saudável tem impulsionado o mercado de alimentos funcionais, estimulando o desenvolvimento de produtos voltados para benefícios à saúde. Dentre esses, destacam-se os derivados lácteos probióticos, como iogurtes, leites fermentados e bebidas lácteas, que se sobressaem por sua densidade nutricional e efeitos positivos no organismo. As bebidas lácteas, compostas por base láctea e soro de leite, são ambientalmente vantajosas ao reaproveitarem produtos lácteos da indústria. Quando enriquecidas com probióticos em quantidades adequadas, contribuem para a saúde gastrointestinal e fortalecem o sistema imunológico. Além disso, sua produção permite a incorporação de polpas, sucos de frutas e outros ingredientes, como o suco concentrado de cana aprimorando o sabor e o aroma, além de possibilitar a redução ou substituição do açúcar na formulação. A combinação de soro de leite com substâncias bioativas resulta em um produto nutritivo, competitivo e sensorialmente atrativo. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de diferentes concentrações de suco concentrado de cana obtido por ultrafiltração, examinando a qualidade, estabilidade e segurança microbiológica das bebidas produzidas. Diante disso, o leite utilizado foi submetido à caracterização físico-química e à detecção de possíveis fraudes. Foram elaborados três tratamentos de bebidas lácteas fermentadas: uma formulação com 10% de açúcar (Tratamento AR), outra com 5% de suco concentrado de cana e 5% de açúcar (Tratamento ACR) e uma com 10% de suco concentrado de cana (Tratamento CR). O experimento foi conduzido em três repetições. As análises físicas-químicas englobaram a avaliação de gordura, proteína, umidade, resíduo mineral fixo (RMF), viscosidade, pH, acidez e parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* , b^*). Foram realizadas também análises microbiológicas para quantificação de coliformes a 30 °C e 45 °C, fungos filamentosos e leveduras e bactérias ácido-láticas (BAL), em intervalos regulares de 1, 7, 14 e 21 dias após a produção, visando a análise e estabilidade do produto durante o armazenamento refrigerado. Os resultados indicaram que o leite utilizado estava em conformidade com os padrões regulamentares e o processo de fermentação durou entre 180 e 240 minutos. Não foram observadas diferenças significativas nos teores de proteína, RMF e viscosidade entre os tratamentos. Entretanto, houve variações significativas em relação à umidade e ao teor de gordura. O tratamento CR apresentou maior teor de carboidratos, enquanto os tratamentos ACR e CR não apresentaram diferenças significativas entre si. As variações de pH ao longo do tempo foram significativas dentro de cada tratamento, mas não entre os tratamentos em períodos específicos. Em relação à acidez, o tratamento AR foi estável, o ACR mostrou significância, e o CR apresentou oscilações. Houve diferença significativa entre as médias dos intervalos de cor, com a adição de suco de cana resultando em tonalidades mais escuras, intensificadas pela presença de açúcar. As contagens de coliformes a 30 °C e 45 °C, assim como os fungos filamentosos e leveduras estavam em conformidade com os padrões regulamentares. Os tratamentos CR e ACR tiveram contagens superiores de BAL, enquanto o tratamento AR não atingiu as contagens mínimas preconizadas pela legislação. O suco concentrado de cana apresentou efeitos positivos nas propriedades físico-químicas das bebidas lácteas fermentadas, porém sua aplicação pode ser limitada pela tendência à coagulação. O estudo sugere pesquisas sobre o uso de estabilizantes para garantir a estabilidade sem afetar as características sensoriais, além de explorar concentrações variadas do suco em formulações com probióticos e ingredientes funcionais, visando o desenvolvimento de produtos inovadores e saudáveis.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Fermentação láctica; Microbiota intestinal; Probióticos.

ABSTRACT

The interest in a balanced diet and a healthy lifestyle has boosted the functional food market, stimulating the development of products aimed at health benefits. These include probiotic dairy products such as yogurts, fermented milks and milk drinks, which stand out for their nutritional density and positive effects on the body. Dairy drinks, made up of milk base and whey, are environmentally advantageous as they reuse dairy products from industry. When enriched with probiotics in adequate quantities, they contribute to gastrointestinal health and strengthen the immune system. In addition, their production allows for the incorporation of pulps, fruit juices and other ingredients, such as concentrated cane juice, improving the taste and aroma, as well as making it possible to reduce or replace sugar in the formulation. The combination of whey with bioactive substances results in a nutritious, competitive and sensorially attractive product. The aim of this study was to evaluate the use of different concentrations of concentrated sugar cane juice obtained by ultrafiltration, examining the quality, stability and microbiological safety of the beverages produced. In addition, the milk used was subjected to physicochemical characterization and the detection of possible fraud. Three treatments of fermented milk drinks were produced: one formulation with 10% sugar (Treatment AR), another with 5% concentrated cane juice and 5% sugar (Treatment ACR) and one with 10% concentrated cane juice (Treatment CR). The experiment was conducted in three replicates. The physical and chemical analyses included fat, protein, moisture, fixed mineral residue (FGR), viscosity, pH, acidity and instrumental color parameters (L^* , a^* , b^*). Microbiological analyses were also carried out to quantify coliforms at 30 °C and 45 °C, filamentous fungi and yeasts and lactic acid bacteria (BAL), at regular intervals of 1, 7, 14 and 21 days after production, in order to analyze the stability of the product during refrigerated storage. The results indicated that the milk used complied with regulatory standards and the fermentation process lasted between 180 and 240 minutes. No significant differences were observed in the protein, RMF and viscosity contents between the treatments. However, there were significant variations in terms of moisture and fat content. The CR treatment had a higher carbohydrate content, while the ACR and CR treatments did not differ significantly. The variations in pH over time were significant within each treatment, but not between treatments in specific periods. With regard to acidity, the AR treatment was stable, the ACR showed significance, and the CR had oscillations. There was a significant difference between the means of the color ranges, with the addition of cane juice resulting in darker tones, intensified by the presence of sugar. Coliform counts at 30 °C and 45 °C, as well as filamentous fungi and yeasts, were in line with regulatory standards. The CR and ACR treatments had higher BAL counts, while the AR treatment did not reach the minimum counts recommended by the legislation. Sugarcane juice concentrate showed positive effects on the physicochemical properties of fermented milk drinks, but its application may be limited by its tendency to coagulate. The study suggests research into the use of stabilizers to ensure stability without affecting sensory characteristics, as well as exploring varying concentrations of juice in formulations with probiotics and functional ingredients, with a view to developing innovative and healthy products.

Keywords: Sugarcane; Lactic fermentation; Intestinal microbiota; Probiotics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Fluxograma de fabricação da bebida láctea fermentada com adição de probiótico e açúcar/ou suco concentrado de cana	46
FIGURA 2 – Registro fotográfico do preparo da bebida láctea fermentada à base de soro de leite com diferentes proporções de suco concentrado de cana. (A) Medição do leite e soro do leite. (B) Ingredientes pesados e (C) Tratamento térmico da mistura	47
FIGURA 3 – Registro fotográfico do preparo da bebida láctea fermentada com diferentes proporções de suco concentrado de cana. (A) Incubação, (B) Quebra da coalhada e (C) Armazenamento.....	48
FIGURA 4 – Gráfico de cor demonstrando as coordenadas cromáticas no sistema CIELab	51
FIGURA 5 – Média da fermentação por <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium</i> e <i>Streptococcus thermophilus</i> em bebidas lácteas a 42 °C até pH 4,6	56
FIGURA 6 – Análise de coagulação da bebida láctea fermentada	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Linhagens comumente empregadas em produtos probióticos.....	29
TABELA 2 – Informações nutricionais do Suco Concentrado de Cana (<i>Saccharum</i> , L.)	41
TABELA 3 – Comparação nutricional das classificações de açúcares.....	42
TABELA 4 – Características físico-químicas do Suco Concentrado de Cana (<i>Saccharum</i> , L.).....	43
TABELA 5 – Formulação da bebida láctea fermentada.....	45
TABELA 6 – Análises de controle de qualidade do leite cru para a fabricação das bebidas lácteas fermentadas antes da pasteurização.....	54
TABELA 7 – Resultados médios das análises de composição centesimal das bebidas dos tratamentos açúcar (AR), cana+açúcar (ACR) e cana (CR)	57
TABELA 8 – Valores de pH das bebidas lácteas fermentadas	60
TABELA 9 – Valores de acidez da mistura dos ingredientes após a combinação e antes da fermentação.....	62
TABELA 10 – Valores médios de acidez titulável das bebidas lácteas fermentadas ao longo do armazenamento.....	63
TABELA 11 – Valores médios dos atributos para análise de cor das bebidas lácteas fermentadas	63
TABELA 12 – Análise microbiológica das bebidas lácteas fermentadas.....	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 SORO DO LEITE	19
3.1.1 Características do soro de leite	19
3.1.2 Tipos de soro de leite	20
3.1.3 Aspectos nutricionais do soro de leite	21
3.1.4 Alternativas para o aproveitamento do soro de leite	25
3.2 PROBIÓTICOS	26
3.2.1 Definição de probiótico	26
3.2.2 Linhagens de microrganismos probióticos	28
3.2.3 Efeitos benéficos dos probióticos	29
3.2.4 Bebidas lácteas fermentadas e adição de probióticos	30
3.3 CANA-DE- AÇÚCAR	34
3.3.1 Aspectos históricos e econômicos da cana-de-açúcar.....	34
3.3.2 Produção da cana-de-açúcar	36
3.3.3 Características da cana-de-açúcar.....	37
3.3.4 Valor nutricional da cana-de-açúcar	39
3.3.5 Suco concentrado de cana.....	40
4 MATERIAL E MÉTODOS	44
4.1 Localização do experimento.....	44

4.2 Pré-testes e delineamento experimental	44
4.2.1 Elaboração das bebidas lácteas fermentadas	45
4.2.2 Tempo de fermentação das bebidas lácteas	48
4.3 Análises para o controle de qualidade do leite cru refrigerado	49
4.4 Análises físico-químicas	50
4.5 Análise de cor instrumental	51
4.6 Análises microbiológicas	52
4.7 Análise estatística	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 Caracterização do leite para a fabricação das bebidas lácteas	54
5.2 Tempo de fermentação das bebidas lácteas	55
5.3 Composição centesimal das bebidas lácteas	57
5.4 Análise de cor instrumental	66
5.5 Análises microbiológicas	68
6 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1 INTRODUÇÃO

No contexto do crescente interesse por uma alimentação equilibrada e um estilo de vida saudável, observa-se um aumento significativo na popularidade dos alimentos funcionais. Esse fenômeno tem impulsionado o desenvolvimento de produtos voltados a atender essa demanda, oferecendo benefícios específicos à saúde. Alimentos funcionais, quando consumidos regularmente, não apenas satisfazem as necessidades nutricionais básicas, mas também proporcionam efeitos metabólicos e fisiológicos que contribuem para a manutenção da saúde. Entre eles, destacam-se os derivados lácteos probióticos, como iogurtes, leites fermentados e bebidas lácteas, que além de serem amplamente aceitos pelo consumidor, representam uma opção viável para compor uma dieta equilibrada.

As bebidas lácteas são produtos de elevado valor nutricional que compartilham características sensoriais semelhantes às do iogurte, resultantes da combinação de uma base láctea com soro de leite. A utilização do soro de leite na produção dessas bebidas não apenas promove benefícios ambientais, mas também enriquece o valor nutricional do produto. O soro de leite, gerado pelas indústrias de laticínios, é frequentemente considerado um agente poluente devido à sua alta concentração de substâncias orgânicas. Assim, sua incorporação na elaboração de bebidas lácteas oferece uma solução eficaz para a reutilização desse produto lácteo, gerando vantagens ambientais e melhorando a qualidade nutricional e tecnológica do produto fermentado.

As bebidas lácteas probióticas são caracterizadas pela presença de microrganismos probióticos, os quais são reconhecidos por trazerem benefícios à saúde quando consumidos em quantidades adequadas. Os efeitos positivos do consumo regular de produtos probióticos são especialmente evidentes no trato gastrointestinal, onde ajudam a equilibrar a microbiota, regular o trânsito intestinal, melhorar a resposta imunológica e promover a saúde geral.

A tecnologia empregada na fabricação de bebidas lácteas fermentadas permite a inclusão de ingredientes como polpas ou sucos de frutas, acidulantes, aromatizantes, estabilizantes, emulsificantes, além de sucos concentrados ou mel. O suco concentrado de cana, uma solução aquosa purificada e concentrada de sacarídeos, confere um sabor doce, aroma agradável e viscosidade semelhante à do mel. Suas

propriedades incluem a capacidade de intensificar o brilho e proporcionar uma coloração caramelo aos produtos, aprimorando a experiência sensorial dos consumidores. Na indústria alimentícia, o suco concentrado de cana tem se destacado por sua versatilidade, sendo comumente utilizado na substituição total ou na redução da quantidade de sacarose em diferentes produtos, especialmente em laticínios e bebidas. Sua aplicação contribui para a melhoria do perfil nutricional e sensorial, ao mesmo tempo em que promove a redução do teor de açúcar adicionado.

A combinação de soro de leite com substâncias que conferem propriedades bioativas e funcionais representa uma oportunidade para o enriquecimento de produtos lácteos, resultando em bebidas nutritivas e competitivas. Essa abordagem mostra-se vantajosa para inclusão em dietas coletivas e atende à crescente demanda da indústria de laticínios, ampliando a gama de produtos disponíveis. Nesse contexto, o desenvolvimento de uma bebida láctea funcional fermentada, contendo culturas probióticas e enriquecida com suco concentrado de cana para substituição parcial ou total da sacarose, emerge como uma proposta inovadora. Essa estratégia oferece uma alternativa empreendedora, conferindo ao produto sabores e aromas atrativos, o que pode aumentar sua aceitação sensorial entre os consumidores. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição total ou parcial da sacarose pelo suco concentrado de cana no desenvolvimento de uma bebida láctea fermentada adicionada de probióticos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da utilização de suco concentrado de cana como substituto total ou parcial de sacarose, no desenvolvimento de uma bebida láctea fermentada adicionada de probióticos.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar três formulações de bebida láctea probiótica, variando o ingrediente adoçante, incluindo a substituição total e parcial da sacarose pelo suco concentrado de cana, com o intuito de avaliar seu efeito comparativo, considerando suas propriedades sensoriais, funcionais e seu potencial como uma opção com perfil nutricional diferenciado e sustentável;
- Avaliar a qualidade do leite cru refrigerado por meio de parâmetros físico-químicos e testes de adulteração e integridade;
- Analisar as bebidas lácteas fermentadas quanto a sua composição físico-química;
- Realizar análises de cor instrumental, pH e acidez titulável das bebidas estudadas ao longo de quatro tempos de estocagem (1, 7, 14 e 21 dias);
- Avaliar a contagem de microrganismos nas bebidas lácteas após o processo de fabricação, em conformidade com as exigências estabelecidas pela legislação em vigor;
- Determinar a contagem de bactérias lácticas ao longo dos quatro tempos de estocagem (1, 7, 14, 21 dias).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Soro do leite

O soro de leite, também conhecido como lactossoro, é um produto lácteo gerado durante a fabricação de queijos por meio da coagulação enzimática da caseína ou da adição de ácido. Após a coagulação do leite, que ocorre com a ação da quimosina ou de um ácido orgânico, a coalhada de caseína se separa, resultando no líquido aquoso e leve conhecido como soro (Paula *et al.*, 2020; Basil, 2020). Com os avanços tecnológicos, esse produto anteriormente subvalorizado tem sido transformado em uma relevante matéria-prima (Hamann, 2022). No entanto, o excesso desse produto representa um desafio significativo para muitas indústrias de laticínios no Brasil (Nunes *et al.*, 2023; Paula *et al.*, 2020; Santin, 2020). A dificuldade decorre dos custos substanciais associados ao manejo do soro como resíduo industrial e à implementação de estruturas para o tratamento de efluentes, resultando em impactos ambientais consideráveis (Nunes *et al.*, 2023; Embrapa, 2022; Abic, 2021).

3.1.1 Características do soro de leite

As características físico-químicas e microbiológicas do soro de leite são elementos fundamentais que impactam não apenas sua composição nutricional, mas também sua aplicabilidade na produção de diversos produtos alimentícios. Essas características evidenciam, portanto, a versatilidade do soro de leite na indústria alimentícia. O soro de leite representa de 80% a 90% do volume total do leite empregado nos procedimentos de produção de laticínios. Adicionalmente, detém aproximadamente 50% dos nutrientes presentes no leite, incluindo proteínas solúveis, lactose, vitaminas e minerais (Conrad *et al.*, 2023).

No que diz respeito às características físicas, o soro de leite é uma substância líquida, muitas vezes translúcida, com sabor um tanto ácido ou doce, com variações em termos de viscosidade e coloração, dependendo do tipo de queijo do qual se originou (Santos, 2021). O pH é um indicador crucial de suas propriedades físico-químicas, variando de acordo com o processo de coagulação e fermentação durante a produção do queijo. Variações significativas no pH podem afetar a estabilidade

microbiológica, influenciar a funcionalidade de proteínas e alterar a textura e sabor dos produtos. Nesse sentido, o monitoramento do pH durante o processamento do soro de leite é essencial para garantir a qualidade, a segurança dos produtos derivados e as características sensoriais desejadas (Nunes; Santos, 2015).

No âmbito microbiológico, o soro de leite se destaca como um substrato favorável ao desenvolvimento de bactérias ácido-láticas, que desempenham um papel crucial na fermentação láctica. Essas bactérias são responsáveis pela produção de ácido láctico, o que confere ao soro propriedades ácidas e contribui para sua estabilidade microbiológica (Conrad *et al.*, 2023).

3.1.2 Tipos de soro de leite

O soro de leite doce e o soro de leite ácido são duas variantes distintas que apresentam características únicas em sua composição. O soro de leite doce, obtido a partir de processos de coagulação enzimática, geralmente apresenta um pH próximo a 6,4. Essa faixa de pH indica uma ligeira acidez, contribuindo para a preservação e estabilidade do produto. Essa acidez moderada também desempenha um papel na textura e sabor do queijo produzido, influenciando a estrutura das proteínas e a atividade enzimática durante a maturação. Além disso, esse tipo de soro exibe uma menor concentração de ácido láctico (inferior a 0,16%) em comparação ao soro ácido. Adicionalmente, se evidencia um aumento percentual na presença de peptídeos e aminoácidos livres, lactose, potássio e sódio, enquanto o teor de cálcio se revela relativamente baixo em comparação ao soro ácido (Conrad *et al.*, 2023; Food Ingredients Brasil, 2017).

O soro de leite ácido, obtido principalmente durante a fabricação de queijos por coagulação direta por ácido ou por fermentação, possui um pH em torno de 4,5. Esta faixa de acidez mais elevada resulta da presença de ácido láctico, o qual é produzido pela fermentação bacteriana. Essa acidez contribui não apenas para a preservação do soro, mas também confere características sensoriais específicas aos produtos, como textura e sabor mais pronunciados. Adicionalmente, o elevado teor de cálcio e fósforo no soro ácido é atribuído à solubilização do complexo cálcio-fósforo presente nas micelas de caseína em condições de pH ácido (Nunes; Santos, 2015). Ambos os soros desempenham papéis importantes na indústria alimentícia, sendo utilizados em

diferentes produtos derivados que exploram suas características específicas para atender às demandas variadas do mercado (Food Ingredients Brasil, 2017).

No Brasil, o soro de leite do tipo doce é amplamente utilizado na produção de diversos produtos lácteos devido às suas propriedades benéficas. A considerável parcela dos produtos derivados do soro está intrinsecamente ligada ao soro doce, conforme atestado por Zacarchenco *et al.* (2013). No que tange às suas aplicações, o soro ácido exerce funções importantes como agente retentor de água e emulsificante. Por outro lado, o soro doce é amplamente utilizado na produção de produtos de panificação, sorvetes e sobremesas lácteas. Nos itens de panificação, a incorporação do soro de leite favorece o desenvolvimento da coloração durante a cocção em elevadas temperaturas, aumenta o volume dos pães e atua como agente antiaglomerante em composições secas. Em contraste, no caso dos sorvetes e sobremesas lácteas, o soro doce desempenha um papel essencial na formação de espumas estáveis, facilitando o processo de aeração (Zacarchenco *et al.*, 2013).

A obtenção do soro lácteo é viável a partir de qualquer variedade de leite, com a predominância do leite de vaca nos territórios ocidentais, enquanto em algumas localidades ao redor do mundo, como alternativa, se emprega o leite de cabra, o de ovelha e até mesmo o proveniente de camelos na produção de derivados lácteos, culminando na produção do soro. Adicionalmente, suas propriedades variam em consonância com a qualidade do leite e o método de processamento conforme respaldado por Becker *et al.* (2020). É conhecido que, para cada 1 kg de queijo produzido, aproximadamente 9 kg de soro são gerados. Nesse contexto, o significativo volume gerado constitui um dos principais estímulos para a utilização desse coproduto pela indústria (Conrad *et al.*, 2023). No entanto, sua aplicação na produção de alimentos destinados ao consumo humano ainda é considerada limitada, uma vez que a elevada concentração de minerais pode resultar em uma baixa aceitação sensorial dos produtos que o contêm, como observado por Paula *et al.* (2020).

3.1.3 Aspectos nutricionais do soro de leite

O soro de leite é amplamente reconhecido como um dos produtos mais versáteis da indústria de alimentos, sendo referenciado como uma fonte de proteínas de alto valor biológico (AVB). Ademais, sua composição abrange quantidades

substanciais de componentes, destacando-se a presença significativa de lactose (Paula *et al.*, 2020). O soro lácteo é composto principalmente por água (93-94%), lactose, proteínas, gorduras e sais minerais, incluindo cálcio, sódio, magnésio, potássio e fósforo. Além da presença da lactose e de proteínas de elevado valor biológico, o soro é notavelmente rico em vitaminas hidrossolúveis do complexo B, como ácido pantotênico, riboflavina, piridoxina, ácido ascórbico e cobalamina. Estes componentes desempenham um papel fundamental na dieta infantil, contribuindo consideravelmente para o desenvolvimento e fortalecimento da estrutura óssea e dos tecidos. Ressalta-se que a composição pode variar conforme o tipo de produto elaborado e a tecnologia de produção utilizada (Soares *et al.*, 2018).

Os minerais presentes no soro de leite desempenham um papel essencial na regulação do fluxo hídrico através do processo de osmose em diversas regiões do corpo humano. A presença de sais, como sódio e potássio, mesmo em concentrações reduzidas, exerce uma função preventiva significativa contra a elevação da pressão arterial. Além desses, também se destaca a presença de minerais como cloro, zinco, cobre, ferro e iodo, que contribuem de maneira relevante para diversos processos fisiológicos no organismo (Conrad *et al.*, 2023).

A lactose, dissacarídeo composto pelos monossacarídeos D-galactose e D-glicose é o carboidrato predominante no leite. No soro, a lactose constitui o sólido em maior proporção, totalizando em média 70%, considerando a base seca. Esta caracterização confere ao soro uma matéria-prima substancial para a produção de produtos de alto valor agregado (Conrad *et al.*, 2023). É relevante salientar que a concentração de lactose, tanto no leite quanto no soro lácteo, manifesta variações, as quais são influenciadas pela raça do animal produtor e pelo método de fabricação do queijo, conforme elucidado por Lourenço (2014).

Os lipídeos presentes no leite estão organizados em pequenos glóbulos suspensos na fase aquosa, sendo envolvidos por uma camada de fosfolipídeos que forma uma membrana, impedindo a aglutinação dos glóbulos e mantendo-os em suspensão. A concentração de gordura no leite pode variar entre 3,5% e 5,3%, dependendo de fatores como a raça dos animais, o estágio da lactação e a alimentação. Esse percentual de gordura é responsável pelo transporte de vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K), colesterol e outras substâncias solúveis em gordura, como

os carotenóides (pró-vitamina A) (Conrad *et al.*, 2023; Soares *et al.*, 2018; Lourenço, 2014).

Do ponto de vista nutricional, o soro de leite é caracterizado como um produto de alto valor biológico, destacando-se pelas proteínas solúveis, que representam os componentes mais importantes, correspondendo a quase 12% dos sólidos totais do soro. As propriedades químicas, físicas e funcionais dessas proteínas são amplamente reconhecidas, o que favorece sua otimização e utilização em alimentos e na farmacologia. São classificadas proteínas globulares, contendo um número considerável de padrões de hélice com aminoácidos hidrofílicos e hidrofóbicos uniformemente distribuídos, bem como aminoácidos ácidos e básicos ao longo de sua cadeia polipeptídica. As proteínas do soro correspondem a aproximadamente de 20% das proteínas totais do leite. Ou seja, na composição aproximada do leite de vaca a proteína total apresenta em média 3,23% (m/m), sendo 2,6% (m/m) caseínas e 0,63% (m/m) proteínas do soro. As proteínas presentes no soro são solúveis em uma ampla faixa de valores de pH. Além disso, são caracterizadas por uma elevada digestibilidade e rápida absorção pelo organismo. Esse processo estimula eficazmente a síntese de proteínas nos tecidos sanguíneos e nos tecidos corporais, contribuindo para uma assimilação eficiente conforme evidenciado por Lourenço (2014) e Haraguchi, Abreu e Paula (2006).

O conhecimento aprofundado sobre a composição proteica do soro de leite transformou-o em um componente significativo na formulação de produtos lácteos pela indústria alimentícia. O uso de proteínas como agentes funcionais não apenas agrega valor a coprodutos que representam desafios para as indústrias, mas também aprimora as características sensoriais dos alimentos, tornando-os mais apreciados pelos consumidores. O soro de leite exemplifica perfeitamente a viabilidade dessa aplicação (Scarabotto, 2022).

A β -lactoglobulina (β -Lg) e α -lactoalbumina (α -La) são as proteínas em maiores concentrações, consistindo de 70% a 80% das proteínas totais, sendo as propriedades do soro um reflexo das características da β -lactoglobulina. No soro podem ser encontradas também a albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas (Ig), glicomacropéptidos (GMP) e lactoperoxidase bovina (LP), além de pequenas concentrações de lactoferrina que apresentam afinidade por ferro, apresentando atividade bacteriostática por inibir microrganismos dependentes deste mineral, dentre

outras. Entretanto, é importante salientar que a constituição da proteína presente no soro de leite exibe variações conforme a tipologia do soro de leite em questão, seja ele do tipo doce ou ácido. Essas divergências encontram-se associadas ao tipo de leite utilizado, à alimentação do gado, ao estágio de lactação e ao método de processamento empregado, conforme abordado por Paula *et al.* (2012).

Além de suas características nutricionais, as proteínas presentes no soro do leite despertam considerável interesse devido às suas propriedades funcionais tecnológicas. Destacam-se, nesse contexto, a notável solubilidade e a capacidade de gelificação dessas proteínas, fatores que as tornam ingredientes relevantes na formulação de produtos alimentícios (Scarabotto, 2022; Boschi, 2006). Com a ampla aceitação da alimentação voltada para a promoção da saúde, verifica-se uma demanda global crescente por produtos alimentícios formulados com elevado teor proteico. Adicionalmente, as proteínas provenientes do soro de leite se destacam como ingredientes benéficos, em virtude das diversas vantagens associadas à sua ingestão regular. Entre esses benefícios, destacam-se o controle do apetite, a facilitação da recuperação pós-exercício, a promoção da saciedade, além de desempenhar um papel relevante como complemento nutricional para indivíduos em condições patológicas de depleção muscular (Silva, 2019).

As proteínas presentes no soro de leite exibem um perfil de aminoácidos indispensáveis ao organismo em quantidades que superam as recomendações, com exceção dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina), os quais não se encontram em excesso, mas atendem às diretrizes para todas as faixas etárias, exceto para pré-escolares. Destacam-se pela elevada concentração de aminoácidos indispensáveis de cadeia ramificada, como valina, leucina e isoleucina, além de triptofano, cisteína, lisina, e aminoácidos sulfurados como cisteína, metionina e glutatona. Essa composição, aliada à digestibilidade e ao perfil de peptídeos bioativos que conferem propriedades nutricionais distintas, posiciona essas proteínas como nutricionalmente superiores às de origem vegetal (Santos, 2020; Silva, 2019; Kerksick *et al.*, 2018).

No âmbito dos aspectos tecnológicos e funcionais, o soro de leite apresenta propriedades notáveis, destacando-se por sua elevada solubilidade, capacidade de absorção de água, gelatinização, emulsificação e habilidade de formação de espuma, conforme evidenciado por Lourenço (2014). Essas proteínas têm ganhado importância

crescente na indústria alimentícia devido ao seu elevado valor nutricional e têm encontrado aplicações promissoras na esfera farmacêutica, em função de seus potenciais efeitos antibacteriano e antiviral. Adicionalmente, suas propriedades funcionais conferem ao soro de leite o *status* de ingrediente atrativo no desenvolvimento de alimentos, como observado por Becker *et al.* (2020).

3.1.4 Alternativas para o aproveitamento do soro de leite

Sob uma perspectiva econômica, a eliminação do soro de leite exige consideráveis investimentos de capital, resultando no descarte de aproximadamente 85% do leite processado nas instalações industriais, uma prática comum entre muitas empresas do setor de laticínios (Conrad *et al.*, 2023). Para os produtores, a elaboração de novos produtos a partir do soro de leite representa uma fonte adicional de geração de renda. Para a indústria, essa prática configura-se como uma alternativa para economizar matéria-prima e uma oportunidade de revenda, o que pode aumentar a demanda por produtos dessa categoria (Santos, 2020).

A produção de bebidas lácteas emerge como uma opção relevante de aproveitamento do soro de leite, se caracterizando por sua atratividade, custos reduzidos e viabilidade de processamento. Essa abordagem se mostra particularmente acessível, dado que aproveita os equipamentos disponíveis nas indústrias, possibilitando a obtenção de lucros substanciais com essa iniciativa (Paula *et al.*, 2012). Nesse contexto, Paula *et al.* (2020) destacam a importância do aproveitamento do soro de leite como matéria-prima, sublinhando que a criação de alternativas para sua utilização adequada é fundamental devido à sua qualidade nutricional, ao volume produzido, ao potencial poluente e, principalmente, à sua relevância econômica. Este enfoque busca não apenas aumentar a rentabilidade e a competitividade, mas também enfrentar os desafios relacionados ao cumprimento das legislações ambientais. Paralelamente, observa-se o avanço no desenvolvimento de bebidas inovadoras que integram novos sabores, aromas e ingredientes, com o propósito de promover essa relevante fonte de nutrientes na cadeia alimentar humana (Sousa *et al.*, 2022).

O crescimento do consumo de bebidas fermentadas nos últimos anos evidencia a eficácia da incorporação do soro de leite na fabricação desses produtos. Essa

tendência está associada não apenas à intensificação das estratégias de comercialização, mas também à apreciação das características sensoriais únicas dessas bebidas, que combinam aspectos do iogurte e das bebidas lácteas não fermentadas (Sousa *et al.*, 2022). Assim, o desenvolvimento de novos produtos na categoria das bebidas lácteas representa uma oportunidade de mercado promissora e oferece uma alternativa eficaz para atender às exigências das legislações ambientais relacionadas à geração de efluentes pelas indústrias de laticínios (Cruz *et al.*, 2020; Brandão, 2019).

Para os fabricantes de alimentos lácteos fermentados que buscam incorporar características probióticas ou nutracêuticas aos seus produtos, as propriedades funcionais do soro desempenham um papel crucial. Além de possibilitar a redução dos custos totais dos ingredientes, o soro oferece a vantagem significativa de possuir notáveis propriedades funcionais. Adicionalmente, destaca-se como uma fonte concentrada de nutrientes, especialmente proteínas de alto valor nutricional e cálcio (Nunes *et al.*, 2023; Sousa, 2022)

3.2 Probióticos

3.2.1 Definição de probiótico

A terminologia “probiótico” tem origem na língua grega e pode ser traduzida como “a favor da vida”. Embora o termo tenha ganhado destaque na década de 1990, o interesse pelos microrganismos com potenciais benefícios à saúde remonta a períodos antigos (Oliveira; Almeida; Bomfim, 2017). No entanto, foi apenas no início do século XX que as funções específicas dos probióticos no organismo foram cientificamente reconhecidas. Desde então, bactérias e leveduras probióticas passaram a ser amplamente empregadas e disponibilizadas na forma de suplementos alimentares (Saboori *et al.*, 2022). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (2021), os probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem algum benefício à saúde. Esses microrganismos pertencem a diferentes gêneros e espécies, tanto de bactérias como de leveduras.

Os probióticos desempenham um papel essencial na promoção do equilíbrio da microbiota intestinal. Esta ação é realizada mediante a produção de substâncias bacteriostáticas e a competição eficaz com patógenos e suas toxinas após a sua integração no intestino. Os efeitos benéficos no hospedeiro, abrangendo aspectos fisiológicos, imunológicos e antipatogênicos, são alcançados por meio de diversos mecanismos de ação. Esses efeitos se revelam vantajosos na prevenção e tratamento de patologias gastrointestinais, na manutenção do equilíbrio da microbiota intestinal, no estímulo do sistema imunológico, na redução de enzimas fecais, na atividade antitumorigênica, na prevenção de diarreias e constipação intestinal, na ação hipocolesterolêmica bem como na aplicação clínica em condições inflamatórias, infecciosas e na extração de toxinas. Essa diversidade de aplicações não apenas fortalece a imunidade, mas também contribui para a promoção da saúde humana conforme evidenciado por Lima e Weschenfelder (2019) em consonância com Oliveira, Almeida e Bomfim (2017) e Rabêlo *et al.* (2022).

Os alimentos enriquecidos com bactérias probióticas têm ganhado destaque e aceitação global entre diversas faixas etárias (Jha *et al.*, 2022). Estudos têm associado os probióticos aos lácteos fermentados, evidenciando uma melhora expressiva na qualidade de vida dos indivíduos que os consomem (Freire *et al.*, 2021). Nesse contexto, a indústria de laticínios tem concentrado iniciativas na produção de produtos probióticos, aproveitando as vantagens sensoriais oferecidas por certas linhagens bacterianas. O *Lactobacillus acidophilus*, a título de exemplo, é reconhecido por produzir compostos, como o acetaldeído, que desempenham um papel fundamental na atribuição de sabor a produtos lácteos fermentados (Sampaio, 2016).

As bactérias pertencentes a este grupo possuem a particularidade de não apresentação de patogenicidade, especificidade ao hospedeiro, tolerância a ácido e bile, o que possibilita a sobrevivência ao trato intestinal, proporcionando o controle da microbiota intestinal bem como apresentação de excreção de fator anti-*E. coli*, além da capacidade de sobreviver ao processo digestivo. *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium spp.* são exemplos de bactérias que possuem esse perfil (Rabêlo *et al.*, 2022; Anvisa, 2021). Todavia, um microrganismo probiótico deve, necessariamente, sobreviver às condições adversas do estômago e colonizar o intestino mesmo que temporariamente, por meio da adesão ao epitélio intestinal (Kumar *et al.*, 2022). Nesse contexto, a capacidade de produzir substâncias

antimicrobianas com efeito bactericida ou bacteriostático, como as bacteriocinas, representa uma característica desejável em uma linhagem probiótica. Essa capacidade pode conferir vantagens no contexto da competição e colonização do trato gastrointestinal (Rabêlo *et al.*, 2022; Silva, 2021). As bacteriocinas, peptídeos termoestáveis de pequenas dimensões, manifestam ação antimicrobiana contra microrganismos gram-positivos e gram-negativos, representando um mecanismo relevante pelo qual os probióticos confrontam linhagens patogênicas. Essas biomoléculas, classificadas em quatro categorias com base em suas estruturas químicas, massa molar, sensibilidade à ação enzimática e conteúdo de aminoácidos modificados, distinguem-se dos antibióticos devido à sua origem natural. Sua aplicação como bioconservantes de alimentos destaca-se, sendo as bacteriocinas mais promissoras aquelas produzidas por bactérias ácido lácticas, cujas culturas são predominantemente reconhecidas como seguras do ponto de vista alimentar, conforme observado por Silva (2021).

A qualidade de um probiótico é essencialmente avaliada com base em sua viabilidade, uma vez que os benefícios oferecidos estão diretamente relacionados à sua capacidade de sobrevivência. Para que o probiótico exerça suas funções de maneira eficaz, é necessário que a concentração de microrganismos seja igual ou superior a 10 milhões de células por grama do produto. Assim, o consumo regular de probióticos torna-se indispensável para a manutenção de níveis adequados e eficazes desses microrganismos no ecossistema digestivo (Jha *et al.*, 2022).

3.2.2 Linhagens de microrganismos probióticos

Os probióticos, predominantemente compostos por bactérias ácido-láticas (BAL), são microrganismos mesófilos, gram-positivos, caracterizados pela sua tolerância à acidez e pela capacidade de converter lactose em ácido lático (Mazlumi *et al.*, 2022). Essas bactérias podem apresentar características aeróbias, microaerófilas, anaeróbias facultativas ou anaeróbias, conforme descrito por Lima (2017). Além disso, as BAL desempenham um papel crucial na síntese de exopolissacarídeos, polímeros que afetam a textura dos alimentos ao aumentar a viscosidade do leite, contribuindo assim para a estabilidade do produto (Thamer; Penna, 2006). Os gêneros mais proeminentes entre os probióticos incluem

Bifidobacterium e *Lactobacillus*, com destaque particular para *B. bifidum* e *L. acidophilus*. Esses microrganismos são amplamente utilizados como suplementos probióticos em alimentos e são eficazes na colonização de todo o trato gastrointestinal de indivíduos saudáveis (Silva, 2021).

Tabela 1. Linhagens comumente empregadas em produtos probióticos

<i>Lactobacillus spp.</i>	<i>Bifidobacterium spp.</i>	Outras
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>L. plantarum</i>	<i>B. longum</i>	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>Lactis</i>
<i>L. rhamnosus</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>Cremonis</i>
<i>L. brevis</i>	<i>B. breve</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>Bulgaricus</i> (LB)	<i>B. adolescentes</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>Dextranum</i>
<i>L. fermentum</i>		<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>L. helveticus</i>		<i>Pediococcus acidilactici</i>
<i>L. johnsonii</i>		<i>Saccharomyces boulardii</i>

Fonte: Oliveira *et al.*, 2002 (adaptado de Menezes, 2011).

As linhagens do gênero *Lactobacillus* podem se desenvolver em temperaturas variando de 2 a 53 °C, com valores ótimos geralmente situados entre 30 e 40 °C. O intervalo de pH favorável para sua atividade é entre 5,5 e 6,2, embora também possam desenvolver em pH igual ou inferior a 5,0. Por outro lado, o gênero *Bifidobacterium* apresenta uma temperatura ideal para sua atividade entre 37 e 41 °C, com um pH ideal entre 6,0 e 7,0, não se adaptando a condições ácidas com pH entre 4,5 e 5,0 (Kumar *et al.*, 2022; Menezes, 2011).

3.2.3 Efeitos benéficos dos probióticos

Os prováveis mecanismos de ação dos probióticos estão relacionados a formação de uma barreira contra agentes patogênicos dificultando sua colonização no intestino através da competição por nutrientes e sítios de adesão bem como a inativação de toxinas e receptores que estimulam a resposta imune específica e não específica contra possíveis patógenos (Saboori *et al.*, 2022; Lima; Weschenfelder, 2019).

Os probióticos possuem um papel expressivo na saúde atuando diretamente no trato gastrointestinal humano, tendo o seu consumo associado a benefícios

vinculados à atividade antimicrobiana e anticarcinogênica, auxílio no balanço e estabilização da microbiota intestinal, fortalecimento da resistência gastrointestinal contra a colonização por patógenos, redução da presença de patógenos através da produção de ácidos acético e láctico, bacteriocinas e outros compostos antimicrobianos, otimização do metabolismo da lactose auxiliando na digestão de indivíduos com intolerância a esse dissacarídeo, estímulo e modulação do sistema imunológico, melhora da constipação, incremento na absorção de minerais e síntese de vitaminas, aprimoramento da digestibilidade, ação hipocolesterolêmica bem como à atividade e estimulação da resposta imune podendo possuir efeito de minimizar doenças infecciosas em crianças (Rabêlo *et al.*, 2022; Freire *et al.*, 2021).

Os benefícios dos alimentos enriquecidos com microrganismos probióticos para a saúde humana, especialmente em produtos lácteos destinados a crianças e grupos vulneráveis, têm sido amplamente destacados por profissionais da saúde (Pereira; Lusne, 2019). É amplamente reconhecido que os probióticos desempenham um papel crucial nas funções imunológicas, digestivas e respiratórias, contribuindo consideravelmente para a redução de doenças infecciosas em crianças. Um exemplo notável é a influência positiva das linhagens *Lactobacillus rhamnosus* GG e *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* Bb-12 na prevenção e tratamento da diarreia aguda causada por rotavírus. Além disso, essas linhagens também foram associadas à modulação da resposta imunológica, desempenhando um papel essencial na prevenção de doenças alérgicas induzidas pelo consumo de leite bovino em crianças. Esses avanços representam uma abordagem promissora para aprimorar a saúde infantil, evidenciando a importância dos probióticos na promoção do bem-estar e na prevenção de condições adversas (Jha *et al.*, 2022; Hernández; Rodríguez; Vásquez, 2020).

3.2.4 Bebidas lácteas fermentadas e adição de probióticos

Os alimentos submetidos ao processo de fermentação representam uma das práticas mais antigas de manipulação alimentar, estando profundamente integrados à dieta tradicional de diversas nações ao longo de milênios (Nascimento; Almeida; Martins, 2022). Além disso, a fermentação promove alterações metabólicas na matriz alimentar, resultando na incorporação de aromas, cores, sabores e modificações na

textura da matriz original (Sousa *et al.*, 2022). Essas transformações tornam os produtos mais agradáveis ao paladar, seguros e sensorialmente aceitáveis. Entre as produções destacadas na indústria de laticínios, além do leite fluido, encontram-se os derivados lácteos fermentados, como as bebidas lácteas fermentadas (Souza *et al.*, 2022).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas Fermentadas, estas são definidas como produtos lácteos obtidos da mistura do leite *in natura*, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro de leite (líquido, concentrado e em pó) adicionado ou não de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s), gordura vegetal, leite(s) fermentado(s), fermentos lácteos selecionados e outros produtos lácteos. A base láctea representa pelo menos 51% (cinquenta e um por cento) massa/massa (m/m) do total de ingrediente. O produto é fermentado mediante a ação de cultivo de microrganismos específicos e/ou adicionado de leite (s) fermentado (s) e que não poderá ser submetido a tratamento térmico após a fermentação (Brasil, 2005). A bebida láctea fermentada é o produto fabricado mediante a ação de cultivo de microrganismos específicos e/ou adicionado de leite (s) fermentado (s) e que não pode ser submetido a tratamento térmico após a fermentação (Brasil, 2005).

Diversas bebidas lácteas fermentadas incorporam microrganismos probióticos, os quais desempenham um papel fundamental na modulação e ativação dos processos metabólicos. Essa interação promove melhorias relevantes nas condições de saúde de maneira simbiótica, trazendo diversos benefícios. Neste contexto, os produtos lácteos se destacam como os principais veículos de probióticos, uma vez que representam uma parte substancial dos produtos probióticos disponíveis no mercado global. A crescente demanda dos consumidores por alimentos saudáveis e inovadores, juntamente com a consolidação desses produtos no mercado, tem impulsionado o crescimento da indústria de bebidas lácteas, resultando em sua crescente popularidade (Saboori *et al.*, 2022; Sousa *et al.*, 2022).

Para que um alimento seja classificado como probiótico ou possa fazer alegações probióticas, é imprescindível que contenha uma quantidade mínima de 10^6 e 10^7 Unidades Formadoras de Colônia (UFC)/mL ou superior de células viáveis no momento do consumo (Anvisa, 2021). Outro elemento a ponderar na atribuição do

status de probiótico a um produto é a necessidade de que o alimento contenha uma ou mais linhagens meticulosamente definidas. Isso ocorre porque os efeitos probióticos demonstram especificidade para determinadas linhagens. Portanto, a validação da função probiótica ou a avaliação do impacto probiótico de uma preparação de microrganismos com composição desconhecida é considerada cientificamente inaceitável (Sousa *et al.*, 2022).

Diversos microrganismos apresentam a capacidade de metabolizar a lactose como substrato, resultando na produção de compostos de menor peso molecular, como glicose e galactose. A fermentação láctica é desencadeada pela atividade de bactérias lácticas, tanto homofermentativas quanto heterofermentativas, culminando na formação de ácido láctico. Entre as fermentações que geram ácido láctico, se destacam aquelas de relevante importância para a indústria de laticínios. Um dos fenômenos mais comuns observados quando o leite é mantido à temperatura ambiente é a acidificação espontânea. O leite acidificado apresenta características olfativas e gustativas distintas em comparação com o ácido láctico puro, devido à formação adicional de compostos como diacetil e acetaldeído. Esses compostos desempenham um papel essencial no aroma característico das bebidas lácteas fermentadas (Silva, 2021).

A indústria alimentícia enfrenta um desafio significativo ao almejar a produção de bebidas fermentadas de alta qualidade que incorporem células viáveis de probióticos. Essa complexidade decorre, principalmente, do fato de que esses organismos possuem uma taxa de multiplicação lenta, o que exige processos fermentativos prolongados e, conseqüentemente, a imposição de condições anaeróbias. Durante a fermentação, as bifidobactérias produzem ácido acético e láctico em proporções molares de 3:2, o que pode impor restrições sensoriais consideráveis, resultando em uma aceitação limitada por parte dos consumidores (Jardim, 2012). As qualidades intrínsecas que os probióticos devem apresentar são de importância singular para sua categorização como microrganismos geralmente reconhecidos como seguros (GRAS) (Conrad *et al.*, 2023). Esse reconhecimento decorre de sua contribuição notável para os complexos processos digestivos e metabólicos (Jha *et al.*, 2022; Sousa *et al.*, 2022).

Entre as diversas modalidades de fermentação comercial, as fermentações lácticas se destacam com notável proeminência. Este método não apenas aprimora as

propriedades nutricionais dos alimentos, mas também contribui para a criação de aromas e texturas desejáveis, além de se caracterizar por exigir baixos custos energéticos e operacionais (Pereira; Santos, 2021). Nesse contexto, a tecnologia de fabricação das bebidas lácteas fermentadas envolve a mistura de produto lácteo fermentado e soro de leite, em proporções adequadas, com possibilidade de adição de polpa ou sucos de fruta, acidulantes, aromatizantes, reguladores de acidez, estabilizantes, espessantes, emulsificantes, corantes, conservantes, além de sucos concentrados e/ou mel como alternativa à sacarose (Siqueira; Machado; Stamford, 2013; Thamer; Penna, 2006).

As linhagens probióticas utilizadas na elaboração de derivados lácteos devem possuir características tecnológicas que favoreçam uma multiplicação eficaz no leite, além da capacidade de conferir ao produto qualidades sensoriais adequadas, como aroma e textura (Silva, 2021). Nesse contexto, o *Lactobacillus acidophilus* destaca-se como um dos microrganismos probióticos mais utilizados no desenvolvimento de produtos lácteos fermentados. Essa se deve tanto aos seus efeitos terapêuticos quanto ao seu perfil de pós-acidificação moderado durante o armazenamento refrigerado. Por ser uma bactéria homofermentativa, o *Lactobacillus acidophilus* produz exclusivamente ácido láctico durante o processo de fermentação, o que contribui para a estabilidade do produto ao longo do tempo (Kumar *et al.*, 2022).

Para garantir os benefícios inerentes aos produtos probióticos, torna-se essencial o consumo regular desses produtos, que devem conter uma proporção adequada de bactérias probióticas viáveis. Essa medida é crucial para assegurar que esses microrganismos resistam às condições adversas do trato gastrointestinal e desempenhem eficazmente suas funções no intestino, conforme discutido por Silva (2021) e Ertem e Çakmakçi (2017). A capacidade de resistência às condições desfavoráveis do trato digestivo humano é uma característica fisiológica distintiva das bactérias probióticas e ácido-láticas. A notável tolerância a ambientes ácidos confere às bactérias probióticas uma elevada taxa de sobrevivência, que pode ser avaliada por meio de ensaios gastrointestinal *in vitro*, simulando com precisão as condições do trato gastrointestinal humano, bem como por ensaios *in vivo*, conduzidos em humanos e animais (Silva, 2021).

Diversos fatores tecnológicos indicam que a eficácia da incorporação de culturas probióticas depende da escolha específica das espécies e linhagens, das

interações metabólicas com bactérias lácticas, das condições de fermentação, do pH do produto, da presença de oxigênio e da temperatura de armazenamento (Kumar *et al.*, 2022). Nesse contexto, estudos destacam a utilização de culturas combinadas como uma abordagem promissora, envolvendo *Bifidobacterium spp.* em conjunto com *Lactobacillus acidophilus* ou outras bactérias lácticas, como *Streptococcus thermophilus*. Essa estratégia oferece algumas vantagens, incluindo taxas de crescimento aprimoradas, redução no tempo de fermentação, correção de defeitos sensoriais e aumento do valor nutricional dos produtos (Hernández; Rodríguez; Vásquez, 2020).

Nas bebidas lácteas fermentadas, as BAL desempenham um papel central como principais agentes na transformação dos nutrientes do leite em compostos que apresentam características sensoriais mais atrativas para os processos industriais. Além de aprimorar as propriedades sensoriais, a presença desses microrganismos promove a liberação de fatores antimicrobianos, como ácidos orgânicos e bacteriocinas, conferindo maior segurança e durabilidade aos produtos. Esse efeito resulta na redução da viabilidade de bactérias patogênicas e deteriorantes (Freire *et al.*, 2021). As BAL também assumem a responsabilidade pela síntese de exopolissacarídeos, polímeros que impactam na textura dos alimentos, elevando a viscosidade do leite, reduzindo a suscetibilidade à sinérese e contribuindo para a estabilidade do produto (Rabêlo *et al.*, 2022).

É fundamental destacar que a análise das bebidas lácteas fermentadas deve enfatizar a importância de aprimorar o controle durante a fase de produção, garantindo que os produtos atendam aos requisitos mínimos necessários para oferecer os benefícios propostos. Além disso, é essencial aumentar a transparência das informações relativas aos seus componentes funcionais, o que contribuirá para promover um consumo consciente e informado por parte da população (Sousa, 2022).

3.3 Cana-de-Açúcar

3.3.1 Aspectos históricos e econômicos da cana-de-açúcar

A trajetória da cana-de-açúcar revela uma série de eventos que moldaram a economia e a sociedade em diversas regiões, com destaque para o Brasil. Originária do Sudeste Asiático, a cana-de-açúcar foi introduzida nas Américas e desempenhou

um papel central desde a colonização. No século XVI, os portugueses expandiram sua produção nas férteis terras tropicais, consolidando a cana como um pilar econômico vital (Silva *et al.*, 2021; Rodrigues; Ross, 2020).

A exploração intensiva da cana-de-açúcar trouxe transformações significativas tanto sociais quanto econômicas. A crescente demanda por mão de obra, evidenciada pela ampla utilização do trabalho escravo, deixou um legado profundo e negativo na história do Brasil. Os produtores brasileiros foram pioneiros na adoção de processos mecanizados, o que levou ao aprimoramento de arados e ao desenvolvimento de novas técnicas para aumentar o rendimento das colheitas (Machado, 2023). A expansão das plantações não apenas influenciou a configuração das cidades, mas também contribuiu para a formação de uma estrutura econômica externa para a exportação de açúcar (Silva *et al.*, 2021). Com o tempo, o Brasil se consolidou como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de açúcar, destacando-se não apenas pela quantidade cultivada, mas também pela eficiência dos métodos de produção. Nesse contexto, a cana-de-açúcar destacou-se economicamente por sua capacidade de armazenar grandes quantidades de sacarose, essencial para três importantes setores agroindustriais: a produção de açúcar, a fabricação de álcool e a destilação de aguardente, contribuindo significativamente para o mercado global. (Embrapa, 2023; Rodrigues; Ross, 2020).

A evolução da cana-de-açúcar ao longo dos séculos moldou profundamente o setor agroindustrial. Desde os primeiros engenhos, sua produção e processamento foram ajustados e aprimorados, refletindo uma adaptação contínua às demandas econômicas e tecnológicas. O desenvolvimento de novas técnicas e a adoção de tecnologias desenvolvidas para aumentar a eficiência e a produtividade da cana-de-açúcar, consolidando-a como uma base sólida para a economia de várias regiões. Atualmente, a cana-de-açúcar se configura como um pilar fundamental da economia brasileira, impactando de maneira significativa os setores agrícola, industrial e energético. A diversificação dos produtos derivados da cana-de-açúcar, como o açúcar, contribui para a sustentabilidade e adaptação do setor às mudanças globais, promovendo maior estabilidade econômica. A inovação tecnológica e as práticas sustentáveis associadas à produção reforçam sua importância econômica e ambiental, consolidando a cana-de-açúcar como um pilar essencial no cenário brasileiro e mundial (Santos *et al.*, 2022).

3.3.2 Produção da cana-de-açúcar

A produção de cana-de-açúcar no Brasil é um pilar estratégico para a economia, energia e desenvolvimento sustentável do país. O Brasil lidera a primeira colocação mundial de produção de cana-de-açúcar, embora a cultura também esteja se expandindo em vários outros países, com uma tendência crescente de produção (Embrapa, 2023).

No Brasil, a colheita da cana-de-açúcar é um processo vital que marca a fase final do ciclo de cultivo. Geralmente realizada durante os meses mais secos, a colheita pode ser manual ou mecanizada e requer uma significativa quantidade de mão de obra. Em plantações extensivas, máquinas especializadas avançam pelos campos para realizar a colheita e o corte da cana de forma eficiente. No entanto, em algumas regiões, a tradição da colheita manual ainda persiste, com trabalhadores experientes cortando a cana manualmente. Independentemente do método, a colheita é um momento vital para a indústria sucroalcooleira, pois marca o início da transformação da cana-de-açúcar em produtos essenciais, como açúcar e etanol (Rodrigues; Ross, 2020). A colheita deve ocorrer no estágio de maturação, quando o teor de açúcar atinge seu pico (40% - 50%, base matéria seca), garantindo um valor nutricional otimizado. Após o corte, é imperativo que a cana seja rapidamente processada para minimizar os efeitos adversos da fermentação, que podem comprometer sua qualidade para o consumo (Embrapa, 2002).

Na safra 2020/21, a produção mundial de açúcar foi de 179,9 milhões de toneladas, com a produção brasileira representando 22% desse total. O Estado de São Paulo, líder na produção nacional, respondeu por 54,1% da quantidade produzida e foi responsável por 63,2% do açúcar produzido, totalizando 26,0 milhões de toneladas (Conab, 2022). Para a safra 2022/23, a produção de cana-de-açúcar no Brasil foi estimada em 610,1 milhões de toneladas, representando um crescimento de 5,4% em relação à temporada anterior. Esse resultado reflete uma recuperação das produtividades nos principais estados produtores, influenciado por condições climáticas mais favoráveis (Conab, 2023).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), as condições climáticas e os investimentos no setor sucroalcooleiro resultaram em um aumento na produção de cana-de-açúcar no país. De acordo com o 3º Levantamento da Safra

2023/24, a produção deve crescer 10,9% em comparação ao ciclo anterior, atingindo 677,6 milhões de toneladas, estabelecendo um novo recorde histórico. O Sudeste, responsável por 63,1% da produção nacional, deverá apresentar um aumento de 6,3% no volume colhido, chegando a 412,15 milhões de toneladas. Essa perspectiva é apoiada pelo melhor rendimento das lavouras, estimado em 81.129 quilos por hectare, e pela expansão da área cultivada, prevista em aproximadamente 8,35 milhões de hectares, com destaque para o bom desempenho das lavouras de São Paulo, o principal estado produtor (Conab, 2023).

3.3.3 Características da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma planta originária do Sudeste Asiático, com um ciclo de cultivo que pode exceder dois anos. Até 1980, sua classificação taxonômica era registrada na família das gramíneas. No entanto, Cronquist (1981) revisou essa classificação, reconhecendo-a como pertencente à família Poaceae (Marin, 2014). Apesar de sua significativa produtividade e versatilidade no Brasil, há uma escassez de estudos na literatura que abordem detalhadamente as características da cana-de-açúcar, bem como a produção e conservação de bebidas derivadas do caldo de cana (Santos *et al.*, 2021).

A cana-de-açúcar cultivada no Brasil resulta da hibridização de várias espécies, incluindo *Saccharum officinarum*, *Saccharum barberi*, *Saccharum robustum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinensis* e *Saccharum edule*. No contexto do melhoramento genético no país, a *Saccharum officinarum* se destaca por sua capacidade de acumular elevados níveis de sacarose no colmo. Tradicionalmente, a *Saccharum spontaneum* é utilizada como um reservatório genético para características como resistência, vigor, perfilhamento e capacidade de rebrota, contribuindo para o desenvolvimento de novas variedades (Rodrigues; Ross, 2020). Lineu (1973) descreveu duas variedades de cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*. Atualmente, essas variedades foram reclassificadas como *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinensis*, *S. barberi* e *S. robustum*, todas pertencentes à família Poaceae (Marin, 2014).

A teoria predominante sugere que a *Saccharum officinarum* foi selecionada ao longo da história para cultivo como uma espécie de “jardim” e posteriormente

adaptada para o cultivo hortícola. A combinação das características da *Saccharum officinarum* com o vigor da *Saccharum robustum* e a resistência a doenças da *Saccharum spontaneum* resultou nas variedades comerciais contemporâneas de cana-de-açúcar. Essa seleção natural sugere uma relação entre o potencial de acumulação de sacarose e as linhagens mais "domesticadas" pelo homem dentro da *Saccharum officinarum*, em contraste com as linhagens mais fibrosas, menos impactadas pela intervenção humana ao longo da história (Embrapa, 2023; Silva *et al.*, 2021; Marin, 2014).

Os desdobramentos desse processo natural de seleção levaram à formação de variedades de cana-de-açúcar categorizadas como "canas nobres" pelos taxonomistas. Comparadas a outras espécies do gênero *Saccharum*, essas variedades apresentam um teor mais elevado de sacarose, não são amiláceas, exibem menor fibrosidade e possuem colmos mais robustos, distantes das chamadas "canas não nobres". Além disso, essas espécies tornaram-se altamente dependentes da intervenção humana para sua propagação, raramente subsistindo de forma autônoma em ambientes naturais sem a influência humana (Rodrigues; Ross, 2020). Há várias décadas, o estudo do gênero *Saccharum* tem sido objeto de intensas pesquisas. No entanto, a morfologia similar, a capacidade de cruzamento, a vigorosa propagação vegetativa e o elevado poliploidismo introduzem desafios significativos para botânicos e melhoristas, particularmente no que se refere à classificação e ao acesso a materiais genéticos ancestrais (Santos *et al.*, 2021).

A cana-de-açúcar é uma cultura semiperene de grande versatilidade. Um dos principais produtos derivados da cana é a sacarose, concentrada nos colmos da planta. As espécies de cana-de-açúcar apresentam um sistema radicular e colmos onde a sacarose é predominantemente armazenada (Brasil, 2020). A cana-de-açúcar tem uma ampla gama de utilizações, incluindo a produção de açúcar, aguardente, cera e álcool para combustível. Além disso, é matéria-prima para a produção de cachaça, caldo de cana (conhecido em diversas regiões do Brasil como garapa), rapadura e melado. As pontas das folhas são utilizadas na alimentação animal, e o palmito do colmo pode ser extraído para consumo humano (Santos *et al.*, 2021). O caldo de cana resulta da extração do líquido através da moagem do colmo, e seu elevado teor de sacarose confere um sabor naturalmente adocicado. O desenvolvimento da cana é

influenciado principalmente pelos fatores climáticos de temperatura, umidade e luminosidade (Santos *et al.*, 2021; Santos, 2018).

Em termos de propriedades químicas e bromatológicas, a cana-de-açúcar contém carboidratos que representam aproximadamente 90% da matéria seca, divididos entre componentes fibrosos e não fibrosos. Entre os carboidratos fibrosos estão a celulose, hemicelulose e lignina, enquanto os não fibrosos compreendem açúcares solúveis, como sacarose, amido e pectina (Santos *et al.*, 2021). As características químicas incluem a porcentagem de sacarose aparente (POL), o Brix, que representa a quantidade de sólidos solúveis no caldo, e os açúcares redutores, como glicose e frutose (Rodrigues; Ross, 2020). A pureza da cana é definida pela relação POL/Brix, expressa em porcentagem, e quanto maior a pureza, melhor a qualidade da matéria-prima para a recuperação de açúcar (Santos *et al.*, 2021).

3.3.4 Valor nutricional da cana-de-açúcar

Além de seu papel central na indústria, a cana-de-açúcar também apresenta aspectos nutricionais notáveis, que têm despertado crescente interesse na pesquisa científica e no âmbito da alimentação. Embora seja primariamente conhecida por sua elevada concentração de sacarose, a cana-de-açúcar contém nutrientes essenciais como fibras, vitaminas e minerais, que podem oferecer benefícios adicionais além da mera ingestão calórica (Rodrigues; Ross, 2020).

O valor nutricional da cana-de-açúcar está intimamente relacionado ao seu elevado teor de açúcar, que varia entre 40% e 50% na matéria seca, dependendo da época do ano e da variedade cultivada. Esse alto teor de açúcares resulta em um alimento que, embora energeticamente denso, apresenta um perfil nutricional desbalanceado em comparação aos baixos teores de proteína. No entanto, a cana-de-açúcar é rica em minerais, como potássio, cálcio, fósforo, magnésio e ferro, e em vitaminas do complexo B e C, apresentando um pH que varia de 4 a 5 (Embrapa, 2002). Embora sua composição química, dominada pela sacarose, confira um sabor doce ao colmo, a cana é classificada como um volumoso de qualidade média devido ao seu elevado teor de carboidratos solúveis e baixos teores de proteína bruta (3,8%) e fósforo (0,06%) (Brasil, 2020; Santos, 2018).

A presença de frutose, fibras, vitaminas e minerais na cana-de-açúcar oferece uma perspectiva promissora sobre como essa cultura pode contribuir não apenas para a indústria alimentícia, mas também para a promoção da saúde através de seus benefícios nutricionais. Tradicionalmente subestimada em termos de valor nutricional, a cana-de-açúcar está começando a ser explorada mais profundamente para entender seu impacto potencial na dieta e na saúde. A pesquisa sobre os aspectos nutricionais da cana visa enriquecer o conhecimento sobre seus compostos específicos e explorar como esses elementos podem ser incorporados de maneira equilibrada e saudável na alimentação humana. À medida que a demanda por fontes alimentares sustentáveis cresce, a cana-de-açúcar se destaca como uma planta versátil, capaz de contribuir para a diversificação e aprimoramento das opções alimentares disponíveis (Silva *et al.*, 2021).

3.3.5 Suco concentrado de cana

O Suco de Cana Concentrado (*Saccharum*, L.), obtido por processos de ultrafiltração e evaporação em baixa temperatura, é uma solução aquosa purificada de sacarídeos. Com pH em torno de 4,1, destaca-se por não conter adição de açúcares como cristal, glucose ou açúcar invertido, além de ser isento de sódio. Sensorialmente, é um líquido viscoso, translúcido e livre de materiais em suspensão, com coloração caramelo, sabor doce levemente acidificado e aroma característico de cana (Gold Alimentos, 2023). Sua aplicação na indústria alimentícia é ampla, possibilitando a substituição integral de concentrados como maçã e damasco, além de contribuir para a redução de açúcares refinados e adoçantes em diversos produtos. Também pode substituir parcialmente ingredientes como maltose e óleo de palma, ampliando seu uso em produtos mais saudáveis e sustentáveis (Gold Alimentos, 2023).

A ausência de conservantes e aditivos químicos em muitas versões comerciais confere ao suco concentrado de cana um *status* vegano e *plant-based*, mantendo a preservação de nutrientes durante o processo de produção. Suas aplicações variam de sucos mistos e néctares a itens de panificação, barras de cereais, geleias, produtos lácteos e bebidas em geral. Além disso, é utilizado como substrato para fermentação e crescimento de microrganismos, ampliando ainda mais suas utilidades (Gold

Alimentos, 2023). Por sua capacidade de diluição eficaz, o suco concentrado de cana mantém a integridade dos produtos aos quais é adicionado, proporcionando um gosto doce, aroma agradável e uma viscosidade similar ao mel. Além disso, atua como intensificador de brilho e cor caramelo, aprimorando a experiência sensorial dos consumidores (Gold Alimentos, 2023).

O suco concentrado de cana e as diferentes classificações de açúcares apresentam características nutricionais distintas, refletindo suas composições e respectivos usos. O suco de cana, por ser menos processado, oferece um perfil nutricional mais equilibrado em termos de minerais, com destaque para a presença de potássio, ferro, magnésio, cálcio e fósforo conforme apresentado na Tabela 2. Esses nutrientes fazem do suco concentrado uma fonte relevante de micronutrientes, diferentemente dos açúcares refinados, como o açúcar cristal, que contêm quantidades consideravelmente menores desses elementos (Gold Alimentos, 2023).

Tabela 2. Informações nutricionais do Suco Concentrado de Cana (*Saccharum*, L.)

Porção de 100 g	
Valor energético	237 Kcal
Carboidratos	64 g
Ferro	10 mg
Magnésio	55 mg
Cálcio	50 mg
Fósforo	56 mg
Potássio	630 mg

Não contém quantidades significativas de Proteínas, Gorduras totais, Gorduras saturadas, Gorduras *trans*, Fibra alimentar e Sódio.

Fonte: Gold Alimentos (2023).

Açúcares como o cristal, mascavo, demerara e o açúcar de coco possuem elevada densidade calórica devido à alta concentração de carboidratos. Embora os açúcares menos refinados, como o mascavo e o demerara, contenham maiores teores de minerais, como cálcio e ferro, continuam sendo caracterizados pelo elevado valor energético e predominância de carboidratos (Philippi, 2023). O suco concentrado de cana possui um perfil calórico e de carboidratos mais moderado, diferindo dos açúcares por não conter quantidades consideráveis de proteínas, gorduras ou fibras. Embora forneça menos energia imediata, destaca-se por ser uma alternativa mais equilibrada em minerais, oferecendo um valor nutricional superior em micronutrientes

quando comparado aos açúcares, que, apesar de rápida fonte de energia, possuem menor valor nutricional (Gold Alimentos, 2023).

Tabela 3. Comparação nutricional das classificações dos açúcares

Parâmetro	Unidade	Açúcar cristal	Açúcar mascavo/ Demerara	Açúcar de coco	Mel
Valor energético	Kcal/100g	387	368	380	309
Proteínas	%	0,3	0,8	0	0
Carboidratos	g/100g	99,6	94,5	100	84
Cálcio	mg/100g	8	126,5	159	10
Ferro	mg/100g	0,2	8,3	3,5	0,3
Fósforo	mg/100g	Traços*	38,2	Traços*	4
Magnésio	mg/100g	1	80	Traços*	6
Potássio	mg/100g	3	521,6	Traços*	99
Selênio	mcg/100g	Traços*	0,6	Traços*	Traços*

Legenda: *aqueles que se encontram em uma concentração menor que 100 µg g⁻¹ no ambiente.

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) versão 7.2 (2023).

As características físico-químicas do suco concentrado de cana englobam parâmetros essenciais, como pH, acidez total e acidez expressa em ácido cítrico, conforme exposto na Tabela 4. O pH, levemente ácido, é um fator determinante para a estabilidade, conservação e sabor do suco, além de desempenhar um papel relevante na prevenção de fermentações indesejadas. A acidez total reflete a presença de ácidos orgânicos que influenciam tanto o sabor característico do suco quanto o processo de fermentação, sendo um indicador crucial para a qualidade sensorial e o tempo de conservação de produtos alimentícios (Gold Alimentos, 2023).

Adicionalmente, a acidez expressa em ácido cítrico, amplamente utilizado como conservante e regulador de acidez na indústria alimentícia, é uma medida importante, frequentemente empregada como referência em análises de qualidade e padronização. Esses parâmetros são fundamentais para a caracterização do suco concentrado de cana, influenciando diretamente suas propriedades sensoriais e funcionais, especialmente em aplicações industriais (Gold Alimentos, 2023).

Tabela 4. Características físico-químicas do Suco Concentrado de Cana (*Saccharum*, L.)

Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo	Típico
Brix	°	65	69	67
pH*		3,6	3,9	
Acidez total	%	5,3	11,2	
Acidez ácido cítrico*	%	0,35	0,71	
Absorbância 420 nm		0,7	1,4	
Absorbância 560 nm		0,28	0,4	
Densidade	g/L			1.34371
Frutose	%	1	3	
Glicose	%	1	3	
Sacarose	%	63	66	

Legenda: *esses parâmetros podem ser ajustados conforme necessidade do cliente.

Fonte: Gold Alimentos (2023).

Além dos parâmetros mencionados, o teor de sólidos solúveis reveste-se de grande importância na caracterização do suco concentrado de cana. Esse índice está diretamente relacionado à concentração de açúcares e outros sólidos dissolvidos, influenciando tanto a viscosidade quanto o perfil sensorial do produto. O controle adequado dos sólidos solúveis é imprescindível para garantir a uniformidade no processamento e na formulação de alimentos que utilizam o suco concentrado de cana como componente principal. A padronização desses atributos físico-químicos é, portanto, essencial para assegurar a qualidade e a consistência do suco concentrado, promovendo sua estabilidade e funcionalidade em variadas aplicações na indústria alimentícia.

Embora não haja uma quantidade ou frequência específica estabelecida para o consumo de açúcares ou sucos concentrados, a ingestão deve ser ajustada conforme o contexto individual, a rotina alimentar e os hábitos de vida saudáveis, incluindo a prática de atividades físicas. De acordo com as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS), recomenda-se limitar a ingestão de açúcares livres, que inclui não apenas a sacarose, mas também xaropes e mel, a no máximo 10% das necessidades calóricas diárias. Portanto, é recomendável moderar o consumo, especialmente para indivíduos com condições de saúde específicas, como diabetes *mellitus*, doença renal crônica e esteatose hepática, devido ao potencial de elevação da glicose sanguínea associado ao consumo excessivo desses açúcares (Brasil, 2023; Gillespie *et al.*, 2023).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento

As bebidas lácteas fermentadas foram desenvolvidas na fábrica-escola da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG-ILCT), em Juiz de Fora - MG. As análises de composição físico-química, microbiologia, contagem de bactérias lácticas e de cor instrumental foram conduzidas nas instalações dos laboratórios de pesquisa desta mesma instituição.

4.2 Pré-testes e delineamento experimental

O delineamento experimental foi estabelecido a partir dos pré-testes conduzidos com o intuito de ajustar e otimizar as formulações das bebidas lácteas fermentadas, assegurando a adequação entre estabilidade tecnológica e qualidade sensorial. Esses ensaios preliminares foram realizados no Laboratório de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG-ILCT), em Juiz de Fora-MG, com o objetivo de identificar a melhor combinação de ingredientes para a obtenção de uma bebida fermentada equilibrada. Durante os pré-testes, juntamente com a combinação de ingredientes padrão, foram testadas diferentes quantidades de estabilizante. Embora sua adição tenha proporcionado uma textura mais espessa e homogênea, a viscosidade resultante foi excessiva, comprometendo a fluidez característica esperada para esse tipo de bebida. Esses resultados demonstraram a necessidade de ajustes nas quantidades de estabilizante, a fim de preservar a consistência adequada e o perfil sensorial desejado.

Com base nessas observações, os ajustes realizados foram fundamentais para a definição dos tratamentos experimentais subsequentes. A formulação final buscou atender tanto aos requisitos tecnológicos quanto às expectativas sensoriais, garantindo a estabilidade do produto ao longo do armazenamento refrigerado. O experimento, conduzido em três repetições, incluiu três tratamentos: a formulação controle (Tratamento AR), contendo 10% de açúcar; o Tratamento CR, com a adição de 10% de suco concentrado de cana; e o Tratamento ACR, que combinou 5% de suco concentrado de cana e 5% de açúcar. Esses tratamentos foram selecionados a

partir das evidências obtidas nos pré-testes, que ressaltaram a importância de um equilíbrio cuidadoso na formulação para otimizar as características físico-químicas e sensoriais do produto.

Tabela 5. Formulação da bebida láctea fermentada

Ingrediente/aditivo	TRATAMENTOS		
	AR	CR	ACR
Leite (mL)	2200	2200	2200
Soro (mL)	2200	2200	2200
Açúcar (g)	500	0	250
Suco de cana (g)	0	500	250
Estabilizante (g)	15	15	15
Total	4915	4915	4915

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

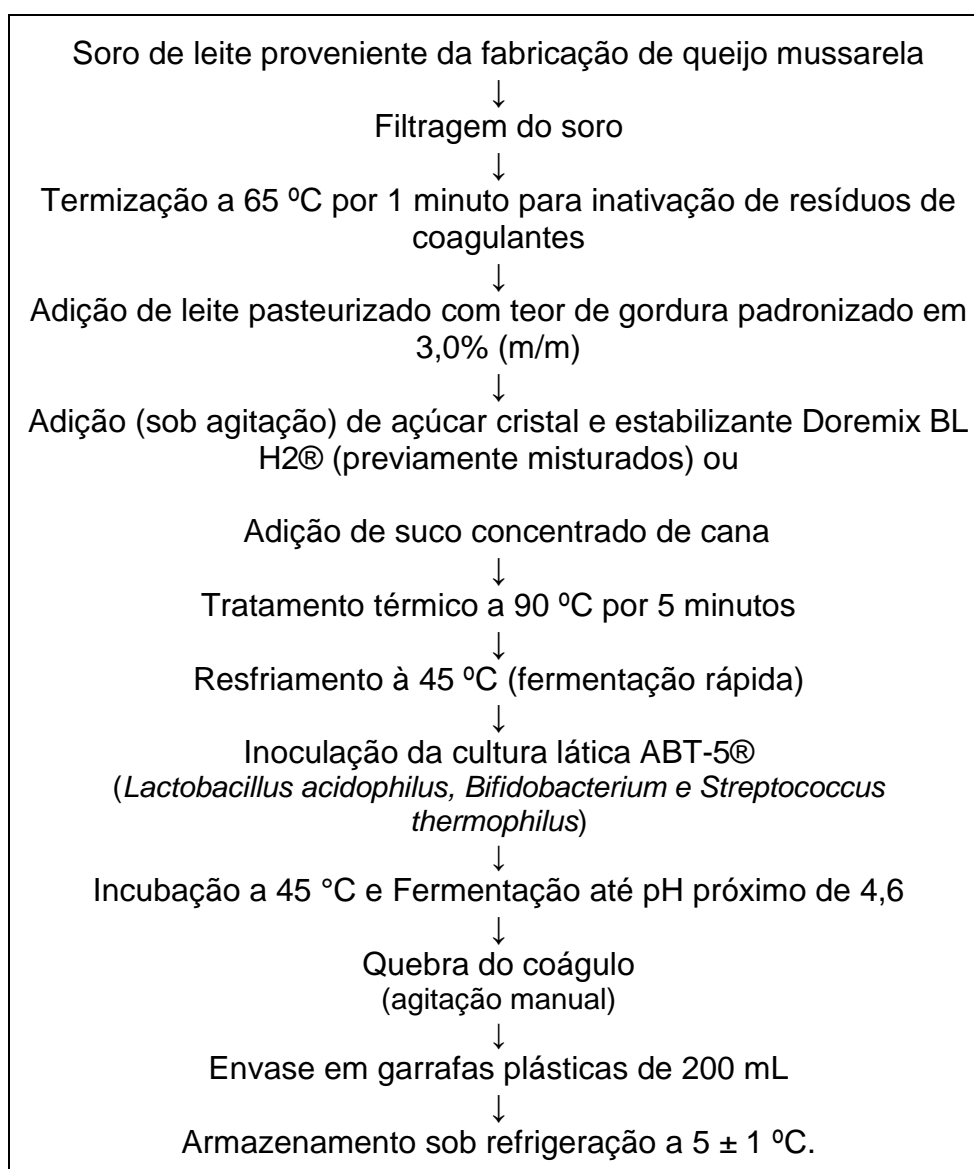
Como parte do delineamento deste estudo, foram realizadas análises no leite antes do processo de pasteurização e, posteriormente, nas bebidas lácteas fermentadas ao longo do período de armazenamento refrigerado a 5 ± 1 °C. Essas avaliações incluíram a verificação de parâmetros físico-químicos, testes de adulteração e integridade, além de análises microbiológicas. Esses procedimentos foram essenciais para monitorar as alterações nas características do produto, garantindo sua estabilidade e qualidade durante os diferentes estágios de conservação.

4.2.1 Elaboração das bebidas lácteas fermentadas

As bebidas lácteas fermentadas foram fabricadas seguindo a metodologia descrita por Paula *et al.* (2012), com devidas adaptações. Os ingredientes utilizados na elaboração incluíram leite pasteurizado, com teor de gordura padronizado em 3,0% (m/m); soro de leite proveniente da produção de queijo mussarela, obtido através do processo de coagulação enzimática; açúcar cristal e/ou suco concentrado de cana; estabilizante comercial Doremix BL H2® e cultura láctica termofílica ABT-5®, contendo *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus thermophilus*. Inicialmente, o soro de leite passou por um processo de filtração para remover impurezas e sólidos indesejados (finos de massa), resultando em um líquido mais puro e homogêneo.

O soro (2225 mL) foi aquecido a 65 °C com o objetivo de inativar possíveis resíduos de coagulantes. Em seguida, ao soro foi adicionado o leite pasteurizado, com teor de gordura padronizado em 3,0% (m/m) (2225 mL), previamente avaliado quanto à qualidade por meio de análises físico-químicas, testes de adulteração e verificação de integridade, antes do processo de pasteurização. Após essa etapa, foram incorporados o açúcar ou o suco concentrado de cana, conforme o tratamento estudado, e o estabilizante (15 g).

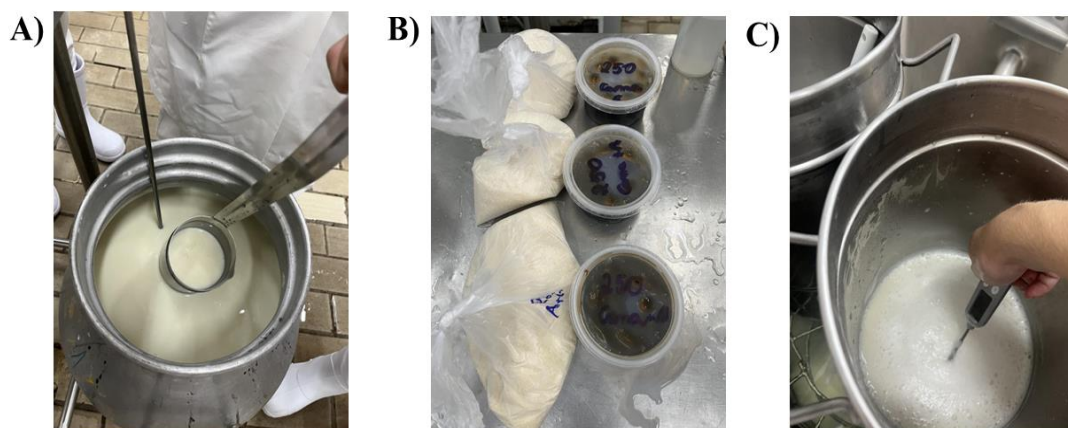
Figura 1. Fluxograma de fabricação da bebida láctea fermentada com adição de probiótico e açúcar/ou suco concentrado de cana



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Foi utilizado 10% de açúcar cristal no tratamento AR (500 g), 10% de suco concentrado de cana no tratamento CR (500 g) e 250 g de açúcar + 250 g de suco concentrado de cana no tratamento ACR. Nas formulações 1 e 3, o estabilizante foi adicionado ao açúcar e posteriormente adicionado à mistura de leite e soro. Esta mistura foi submetida a um tratamento térmico a 90 °C durante 5 minutos, visando favorecer a estabilidade e segurança do produto.

Figura 2. Registro fotográfico do preparo da bebida láctea fermentada à base de soro de leite com diferentes proporções de suco concentrado de cana. (A) Medição do leite e soro do leite. (B) Ingredientes pesados e (C) Tratamento térmico da mistura



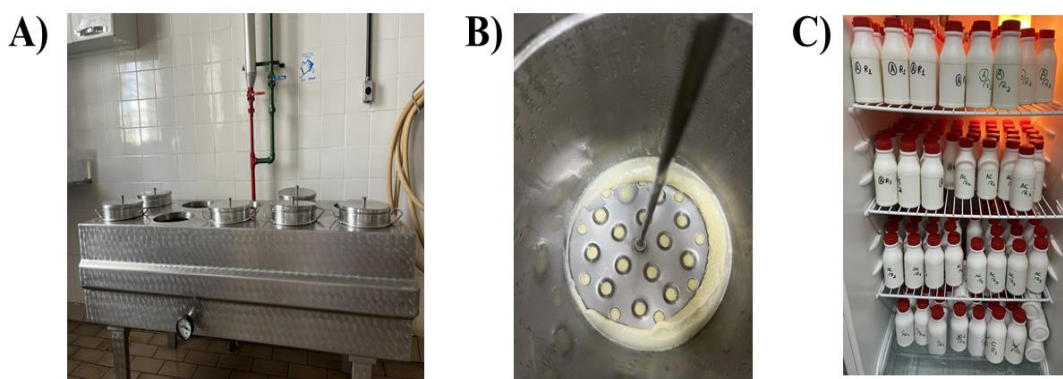
Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Após o tratamento térmico, a mistura foi resfriada a 45 °C, alcançando a temperatura ideal para a adição da cultura láctica ABT-5®, conforme as instruções do fabricante (0,5 g), iniciando o processo de fermentação láctica. Previamente à fermentação, foi determinada a acidez das misturas de ingredientes, de acordo com os grupos experimentais: AR, ACR e CR. As formulações foram devidamente preparadas, homogeneizadas e analisadas quanto à acidez, medida em ácido láctico (%) por meio de titulação ácido-base. Utilizou-se uma solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N e fenolftaleína como indicador, realizando-se a titulação até o ponto de viragem do indicador. O volume de NaOH empregado na neutralização da acidez foi registrado, permitindo avaliar preliminarmente a influência dos ingredientes

nas características sensoriais e na qualidade do produto antes do processo de fermentação.

A mistura foi incubada a 45 °C, até que o valor de pH se aproximasse de 4,6, representando o ponto isoelétrico das proteínas. Finalizada a fermentação, a bebida foi levada na própria cuba de fermentação para a câmara fria a 5 °C. No dia seguinte, com as bebidas resfriadas, foi feita a quebra da coalhada. Após o preparo, as bebidas foram envasadas manualmente em garrafas plásticas de 200 mL, que haviam sido previamente sanitizadas com uma solução de água e cloro (100 mL de cloro para 100 litros de água) durante 5 a 10 minutos. As garrafas foram então armazenadas sob refrigeração a 5 ± 1 °C, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3. Registro fotográfico do preparo da bebida láctea fermentada com diferentes proporções de suco concentrado de cana. (A) Incubação, (B) Quebra da coalhada e (C) Armazenamento



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

4.2.2 Tempo de fermentação das bebidas lácteas

O processo fermentativo ocorreu por incubação a 45 °C, com monitoramento contínuo do tempo de fermentação por meio de medições de pH a cada 30 minutos. A fermentação foi finalizada quando o pH das amostras atingiu valores entre 4,7 e 4,6, considerados ideais para a acidez do produto. As medições foram realizadas utilizando um pHmetro digital devidamente calibrado, sendo o controle rigoroso desse parâmetro essencial para prevenir a sinérese e garantir a qualidade textural das

bebidas. Ao término da fermentação, o pH final das amostras foi registrado e comparado entre os tratamentos, com o objetivo de analisar as variações decorrentes dos diferentes níveis de ingredientes adicionados. Concluído o processo, as bebidas foram transferidas, ainda nas cubas de fermentação, para câmaras frias a 5 °C, visando estabilizar o pH final.

4.3 Análises para o controle de qualidade do leite cru refrigerado

As análises de leite cru refrigerado, realizadas conforme as Instruções Normativas nº 76 e nº 77 do MAPA, envolveram diferentes métodos para garantir a qualidade e a segurança do produto. A densidade foi medida utilizando um termolactodensímetro. Para isso, 250 mL de leite foram colocados em uma proveta, e o termolactodensímetro foi inserido, realizando um leve giro para romper a tensão superficial. A leitura da densidade foi feita após a estabilização do instrumento e ajustada para a temperatura de 15 °C. O teor de gordura foi determinado pelo método butirométrico de Gerber, que envolveu a adição de 10 mL de ácido sulfúrico, 10 mL de leite e 1 mL de álcool isoamílico em um butirômetro. Após a agitação, a amostra foi centrifugada por cinco minutos e aquecida em banho-maria por 3 a 4 minutos, permitindo a leitura precisa da porcentagem de gordura.

A acidez titulável foi determinada pelo método Dornic, que envolveu a adição de 10 mL de leite e 3 a 5 gotas de fenolftaleína. A titulação foi realizada com solução Dornic até a mudança de cor ser observada. A acidez foi, então, quantificada com o auxílio de um acidímetro. O teste de Alizarol foi utilizado para avaliar a estabilidade térmica e a acidez do leite, mediante a mistura de partes iguais de leite e solução de Alizarol a 72%. A análise envolveu a observação da coloração e da formação de grumos, e soluções de Alizarol a 76% e 78% foram empregadas para maior precisão nos resultados. A crioscopia foi conduzida utilizando um crioscópio. Foram adicionados 2 mL da amostra ao aparelho previamente calibrado, que determinou o ponto de congelamento do leite. Para leite normal, o ponto de congelamento deve ser próximo de -0,530 °C.

O extrato seco total e o extrato seco desengordurado foram calculados com base na densidade e no teor de gordura do leite, utilizando o disco de *Ackermann*. Esses extratos incluem gordura, proteínas, lactose e minerais. A detecção de resíduos

de antibióticos, como β -lactâmicos, tetraciclinas e cefalexina, foi realizada por meio do kit Somaticell®. O procedimento consistiu na adição de 20 microlitros de leite a uma solução específica, seguida pelo monitoramento da reação, que foi observado durante um período de até sete minutos, garantindo precisão e controle no processo de análise.

A análise de cloretos foi conduzida adicionando 4,5 mL de solução de nitrato de prata e 0,5 mL de cromato de potássio a 10 mL de leite. Para detectar a presença de hipoclorito e cloro, foram adicionados 5 mL de leite e 1 mL de iodeto de potássio avaliando a coloração. A detecção de amido foi realizada adicionando lugol à amostra, que foi aquecida por cinco minutos em banho-maria. A presença de peróxido foi detectada utilizando o método do guaiacol, no qual 1 mL de guaiacol foi misturado com 2 mL de leite e 10 mL da amostra, sendo esta submetida a banho-maria a 35 °C. Para identificar neutralizantes de acidez, como álcalis, foram adicionados 5 mL de leite, 5 mL de álcool etílico e 2 gotas de ácido rosólico, com a avaliação baseada na coloração resultante.

4.4 Análises físico-químicas

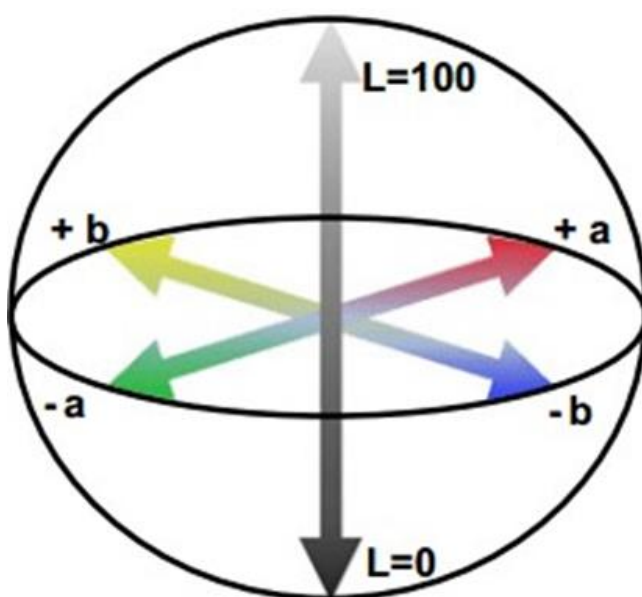
As bebidas lácteas fermentadas foram submetidas a avaliações em duplicata em intervalos regulares de 1, 7, 14 e 21 dias após a produção, caso a caso, visando a análise da qualidade e estabilidade durante o armazenamento refrigerado a 5 °C \pm 1 °C. O pH foi determinado utilizando o método potenciométrico, empregando o modelo Tecnal, pH Meter Tec-2 (Zenebon *et al.*, 2008). A acidez, aferida pelo método Dornic, foi obtida por titulação ácido-alcalimétrica, utilizando fenolftaleína como indicador (Zenebon *et al.*, 2008). A porcentagem de gordura (m/m) foi determinada pelo método butirométrico de Gerber (g.100g⁻¹), utilizando butirômetro calibrado para leite (Zenebon *et al.*, 2008). A umidade foi analisada pelo método gravimétrico em estufa a 102 \pm 2 °C até peso constante (Zenebon *et al.*, 2008). O Resíduo Mineral Fixo (RMF), expresso como teor de cinzas (% m/m), foi determinado pela incineração da amostra em mufla a 550 °C (Zenebon *et al.*, 2008). As análises de proteínas foram conduzidas com base na determinação de nitrogênio pelo método de *kjeldahl* (Costa Júnior, 2020), sendo o teor de proteínas calculado pela multiplicação do teor de Nitrogênio Total (NT) pelo fator de conversão 6,38 (AOAC 920.123, 2012). A

viscosidade das formulações foi determinada utilizando o viscosímetro rotativo *Brookfield*. As medições foram realizadas a uma velocidade de 100 rpm e temperatura controlada a 8 °C ao longo de 1 minuto de análise utilizando-se agulhas 3 ou 4. Os resultados foram expressos em Centipoise (cP) (Costa Júnior, 2020).

4.5 Análise de cor instrumental

As análises da cor instrumental das amostras de bebidas fermentadas probióticas adicionadas ou não de suco concentrado de cana foram conduzidas em 1, 7, 14 e 21 dias de armazenamento, empregando o colorímetro da Kônica Minolta, modelo CM5. A determinação da cor foi realizada utilizando a escala CIELab, que se vale das coordenadas L^* , a^* e b^* . Nesse contexto, L^* reflete o nível de luminosidade numa escala de 0 a 100, onde 0 representa o preto e 100, o branco. A coordenada cromática a^* denota a variação entre os tons de verde (valores negativos) e vermelho (valores positivos), enquanto a coordenada cromática b^* representa a variação entre os tons de azul (valores negativos) e amarelo (valores positivos) (Figura 4).

Figura 4. Gráfico de cor demonstrando as coordenadas cromáticas no sistema CIELab



Fonte: Bisulca *et al.* (2012).

4.6 Análises microbiológicas

Foram realizadas análises microbiológicas das bebidas lácteas fermentadas, conforme a Instrução Normativa nº 16, de 23 de agosto de 2005 (Brasil, 2005), que incluíram contagens de coliformes a 30 °C e a 45 °C, além de fungos filamentosos e leveduras. Também foram feitas análises de bactérias ácido-láticas para verificar a exigência da normativa em relação à contagem mínima de 10⁶ UFC/g de bactérias lácticas viáveis, nas bebidas fermentadas (Brasil, 2005). As análises microbiológicas das bebidas fermentadas, sem e com suco concentrado ou com suco de cana concentrado e açúcar, foram conduzidas após 7, 14 e 21 dias de armazenamento a 5 °C ± 1 °C.

As contagens de coliformes a 30 °C e a 45 °C foram realizadas utilizando o Petrifilm 3M™ *Coliform Count Plate* (Petrifilm 3M™, EUA), com incubação a 30 °C e 45 °C por 24 horas, respectivamente, de acordo com as especificações do fabricante (AOAC 991.14 – Contagem de coliformes em alimentos, película reidratável seca). As contagens de fungos filamentosos e leveduras foram realizadas com o Petrifilm 3M™ *Yeast and Mold Count Plate* (Petrifilm 3M™, EUA), com incubação a 25 °C por 5 dias, seguindo as instruções do fabricante (AOAC 997.02 – Contagem de bolores e leveduras em alimentos, película reidratável seca).

As contagens de bactérias lácticas foram realizadas em ágar Man Rogosa Sharpe (MRS) pelo método de plaqueamento em profundidade, com incubação a 37 °C em jarras de anaerobiose por 4 dias. Os resultados foram expressos em log UFC.g⁻¹ (APHA, 2001).

4.7 Análise estatística

O ensaio foi conduzido utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC) para as variáveis que não foram analisadas ao longo do tempo. As variáveis avaliadas ao longo do tempo seguiram o delineamento em parcela subdividida ("SPLIT PLOT"). Para as variáveis não analisadas ao longo do tempo, como a composição centesimal e a análise instrumental de cor, foi adotado o DBC, com as avaliações realizadas em um único momento, sem repetições ao longo do tempo. Em contrapartida, para as variáveis analisadas ao longo do tempo, como acidez e pH, os

parâmetros foram avaliados em quatro momentos distintos, seguindo o delineamento em parcelas subdivididas. Para a apresentação, avaliação e discussão dos resultados, empregou-se a estatística descritiva e análise de variância. A análise estatística ANOVA e os testes de comparação entre médias foram realizados por meio do Teste de *Tukey*, adotando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). A análise dos dados obtidos foi conduzida através do *software* SISVAR, na versão 5.6, conforme descrito por Ferreira (1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do leite para a fabricação das bebidas lácteas

As análises de controle de qualidade aplicadas ao leite foram conduzidas em conformidade com as regulamentações em vigor, especificamente as Instruções Normativas nº 76 e nº 77, de 26 de novembro de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2018a,b), cujos resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Análises de controle de qualidade do leite cru para fabricação das bebidas lácteas fermentadas antes da pasteurização

Análises	Unidade	Leite
Densidade relativa a 15 °C	g/MI	1.032
Gordura	%m/v	3,0
Acidez	%m/v	16
Alizarol 72%	%v/v	-
Crioscopia	°H	-0,534
ESD	%m/v	8,90
EST	%m/v	12,10
Antibióticos	-	Negativo
Cloretos	-	Negativo
Hipoclorito e Cloro	-	Negativo
Amido	-	Negativo
Peróxido	-	Negativo
Fosfatase	-	Positivo
Neutralizante de acidez	-	Negativo

Legenda: ESD = extrato seco desengordurado; EST = extrato seco total.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os resultados apresentados na Tabela 6 refletem as análises de controle de qualidade realizadas no leite cru refrigerado, antes do processo de pasteurização, destinado à produção de bebidas lácteas. Essas análises englobaram a avaliação de parâmetros físico-químicos e a identificação de possíveis substâncias indesejáveis. A densidade observada, de 1.032 g/mL, enquadra-se na faixa estabelecida para o leite cru, conforme a Instrução Normativa nº 76, que preconiza valores entre 1.028 g/mL e 1.034 g/mL a 15 °C. Isso reflete a integridade do leite, indicando que não houve

adulterações por adição de água ou outros componentes que pudessem comprometer esse parâmetro (Brasil, 2018; Embrapa, 2021; Pacheco *et al.*, 2021). O teor de gordura de 3% m/v, típico do leite integral, é um fator crucial para assegurar a qualidade sensorial e a textura adequadas das bebidas lácteas produzidas (Brasil, 2018). A acidez também se mostrou dentro dos padrões normais para o leite cru, sugerindo o frescor do produto e a ausência de fermentações indesejadas no momento da análise.

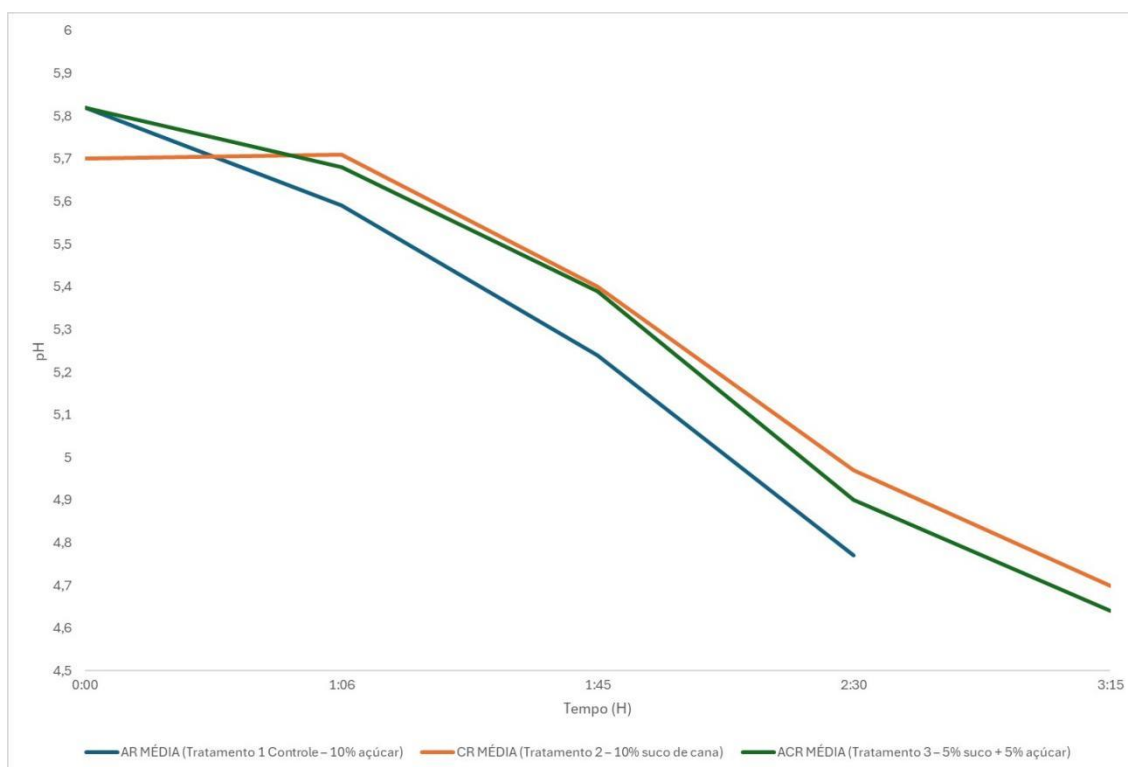
O teste do alizarol, conduzido a 72%, confirmou a estabilidade proteica do leite, evidenciando sua adequação para o processamento industrial e a produção de derivados lácteos de qualidade (Cunha *et al.*, 2021). Além disso, o valor de crioscopia de $-0,534$ °H apresentou-se como um indicativo da ausência de adulterações por diluição com água, pois esta medida está diretamente associada ao ponto de congelamento do leite, sendo um parâmetro fidedigno para detecção de fraudes (Brasil, 2018a,b). Os valores de sólidos totais (EST) e sólidos desengordurados (ESD) foram considerados satisfatórios, assegurando uma composição nutricional adequada para a fabricação das bebidas lácteas (Brasil, 2018). Outro ponto relevante evidenciado pela análise foi a ausência de resíduos de antibióticos e de substâncias fraudulentas, como cloretos, hipoclorito, amido, peróxido e neutralizantes de acidez. Isso demonstra que o leite estava isento de contaminantes que poderiam comprometer tanto a segurança do alimento quanto a eficiência dos processos fermentativos envolvidos na fabricação das bebidas (Silvestrin; Sodré; Oliveira, 2022). Por fim, a enzima fosfatase, presente no leite cru, é inativada durante o processo de pasteurização (Lima *et al.*, 2021). Esses parâmetros refletem a composição e a qualidade do leite cru, estando em conformidade com as legislações vigentes e confirmando que o leite analisado possui características apropriadas para a produção de bebidas lácteas.

5.2 Tempo de fermentação das bebidas lácteas

Os períodos de fermentação variaram entre 3 e 4 horas, correspondendo a 180 e 240 minutos. Conforme Thamer e Penna (2006), em temperaturas entre 40 e 45 °C, o período de incubação pode variar de 2,5 a 5 horas. No entanto, é plausível sugerir que as variações nos níveis de açúcar e suco concentrado de cana tenham exercido

uma influência sutil sobre a duração da fermentação. A Figura 5 apresenta a curva de fermentação obtida nas bebidas lácteas experimentais.

Figura 5. Média da fermentação por *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus thermophilus* em bebidas lácteas a 42 °C até pH 4,6



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Os resultados deste estudo estão alinhados com os achados de Silva *et al.* (2021), que relataram tempos de fermentação entre 4 e 6 horas e pH variando de 4,7 a 4,6 em bebidas lácteas produzidas com combinações de culturas iniciadoras (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*) e o probiótico *L. acidophilus*, além de polpa de morango e L-triptofano, utilizando leite bubalino e bovino. A combinação de culturas, incluindo *Bifidobacterium spp.* com *Lactobacillus acidophilus* ou outras bactérias lácticas, como *Streptococcus thermophilus*, tem demonstrado benefícios relevantes, como aumento nas taxas de crescimento microbiano, redução do tempo de fermentação, eliminação de defeitos sensoriais e melhora no valor nutricional dos produtos, conforme evidenciado por Hernández, Rodríguez e Vásquez (2020). Na presente pesquisa, o resfriamento foi iniciado logo após a fermentação,

quando o pH atingiu valores entre 4,7 e 4,6. O controle do pH durante o processo fermentativo é essencial, pois impacta diretamente na separação do soro, conforme descrito por Silva *et al.* (2021). Valores de pH superiores a 4,6 podem favorecer o fenômeno de sinérese, que corresponde à liberação de soro do gel formado, comprometendo a textura e a estabilidade do produto. No entanto, nos tratamentos avaliados, tal comportamento não foi observado, possivelmente devido ao equilíbrio adequado das condições fermentativas e à correta monitorização do pH, assegurando a qualidade final das bebidas lácteas fermentadas.

5.3 Composição centesimal das bebidas lácteas

A Tabela 7 apresenta a composição centesimal das bebidas preparadas sob diferentes tratamentos: (1) AR, (2) ACR e (3) CR. Os resultados indicaram que os teores de proteína (%), RMF e viscosidade não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos. No entanto, foram observadas diferenças estatísticas ($P < 0,05$) em relação à umidade e à gordura entre os tratamentos.

Tabela 7. Resultados médios das análises de composição centesimal das bebidas dos tratamentos açúcar (AR), cana + açúcar (ACR) e cana (CR)

Parâmetros	Tratamentos		
	AR	ACR	CR
Gordura (%)	1,53±0,06 ^b	1,67±0,06 ^a	1,70±0,10 ^a
Proteína (%)	2,87±0,12 ^a	2,81±0,05 ^a	2,92±0,07 ^a
Umidade	79,99±0,64 ^b	81,92±0,10 ^a	82,11±0,41 ^a
RMF**	0,55±0,01 ^a	0,60±0,03 ^a	0,68±0,06 ^a
Carboidratos	15,05 ^a	13,00 ^b	12,59 ^b
Viscosidade	966,67±61,10 ^a	1046,67±275,92 ^a	763,33±124,23 ^a

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de *Tukey*. Já as médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de *Tukey*.

** Resíduo Mineral Fixo

Embora o tratamento AR tenha apresentado diferença estatística, com maior teor de gordura em comparação aos tratamentos ACR e CR, que não diferenciaram entre si, todas as bebidas atenderam à legislação vigente (Brasil, 2005), que estabelece um teor mínimo de 1,0% de gordura para bebidas lácteas.

A diferença significativa no tratamento CR sugere uma influência potencial da adição de suco concentrado de cana na concentração de gordura. Silva, Ferreira e Costa (2020) investigaram o efeito da adição de mel na concentração de gordura em bebidas lácteas fermentadas, observando que a amostra com mel apresentou uma concentração de $1,68\% \pm 0,09\%$, enquanto a bebida sem mel apresentou $1,55\% \pm 0,07\%$. A diferença entre as amostras foi estatisticamente significativa ($P < 0,05$), indicando que a adição de mel contribuiu para o aumento da concentração de gordura nas bebidas fermentadas. Esses resultados corroboram a observação da influência de aditivos na concentração de gordura em bebidas lácteas fermentadas, evidenciando que diferentes aditivos, como o suco concentrado de cana e o mel, podem impactar consideravelmente o teor de gordura final da bebida.

Em relação ao teor de proteína, as amostras apresentaram valores próximos, variando entre $2,81\%$ e $2,92\%$, sem diferenças significativas entre os tratamentos, em conformidade com a normativa que preconiza um teor mínimo de $2,0\%$ de proteínas para bebidas lácteas (Brasil, 2005). Estudos como o de Paula *et al.* (2020), que desenvolveram uma bebida carbonatada acidificada a partir do soro gerado na fabricação de ricota e de Paula *et al.* (2012), que avaliou a qualidade e a estabilidade de uma bebida láctea fermentada à base de soro de leite de queijo coalho, também atenderam às exigências regulatórias.

Na presente pesquisa, os tratamentos ACR ($81,92\% \pm 0,10\%$) e CR ($82,11\% \pm 0,41\%$) apresentaram teores de umidade mais elevados em comparação com o tratamento AR ($79,99\% \pm 0,64\%$). Isso indica que as amostras ACR e CR continham uma maior proporção de água em relação ao seu peso total do que a amostra AR. Embora os teores de umidade dos tratamentos ACR e CR fossem mais elevados, a diferença entre eles não foi estatisticamente significativa ($P > 0,05$). Em contrapartida, o tratamento AR apresentou um teor de umidade significativamente inferior em relação aos tratamentos ACR e CR. Esses resultados sugerem que a formulação AR pode ter influenciado a retenção de água na bebida láctea fermentada, resultando em um teor de umidade reduzido. A diferença observada entre os tratamentos com cana e o tratamento com açúcar (AR) pode ser explicada pela composição específica da cana, que apresenta propriedades que favorecem a retenção de umidade (Santos *et al.*, 2021). A capacidade da cana de absorver e reter água de forma mais eficiente justifica as variações nos teores de umidade observadas entre os tratamentos. Em relação ao

RMF, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados ($P > 0,05$). Da mesma forma, a viscosidade das amostras analisadas também não apresentou variações significativas entre os diferentes tratamentos ($P > 0,05$).

O tratamento AR demonstrou um teor de carboidratos significativamente maior ($P < 0,05$) em comparação aos demais tratamentos. Esse resultado é esperado, uma vez que o tratamento AR utiliza exclusivamente açúcar, conhecido por seu elevado conteúdo de açúcares simples, resultando em um maior aporte de carboidratos. Por outro lado, os tratamentos CR e ACR não apresentaram diferenças significativas entre si ($P > 0,05$). Essa semelhança pode ser atribuída à composição do suco concentrado de cana, que, apesar de ser uma fonte de carboidratos, não contém a mesma concentração de açúcares livres encontrados no tratamento AR.

A combinação de 5% de suco concentrado de cana com 5% de açúcar no tratamento ACR parece ter equilibrado o teor de carboidratos, gerando uma média intermediária, sem elevar significativamente os níveis de carboidratos em relação ao tratamento CR. Esses resultados evidenciam que o suco concentrado de cana, mesmo em quantidades menores, contribui de forma similar ao conteúdo total de carboidratos, embora não com o mesmo impacto que o açúcar refinado (Gillespie *et al.*, 2023). O açúcar refinado se destaca como um contribuinte direto para o aumento dos carboidratos em formulações alimentares. Em contraste, o suco concentrado de cana representa uma alternativa que pode reduzir o teor de açúcares livres sem comprometer substancialmente o conteúdo geral de carboidratos, oferecendo uma opção promissora para produtos voltados à redução do açúcar adicionado (Cara *et al.*, 2024).

As análises físico-químicas das bebidas lácteas estudadas demonstraram que, apesar de algumas variações significativas entre os tratamentos, todos os parâmetros avaliados estão em conformidade com as normas estabelecidas pelo Regulamento Técnico. Esses resultados são essenciais para assegurar a qualidade dos produtos oferecidos aos consumidores, garantindo que atendam aos padrões exigidos pelas autoridades reguladoras.

Os resultados médios das análises de pH das bebidas lácteas fermentadas ao longo do tempo estão apresentados na Tabela 8. Os resultados demonstraram que ocorreram diferenças significativas nos valores médios de pH entre os tratamentos ao longo dos períodos analisados, conforme indicado pelo teste de *Tukey* ($P < 0,05$).

Tabela 8. Valores de pH das bebidas lácteas fermentadas

Tempo (dias)	Tratamentos		
	AR	ACR	CR
1	4,19±0,01 ^{Aa}	4,21±0,03 ^{Aa}	4,20±0,10 ^{Aa}
7	4,17±0,03 ^{Aab}	4,12±0,07 ^{Aab}	4,14±0,10 ^{Aa}
14	3,98±0,05 ^{Ac}	3,89±0,06 ^{Ac}	3,98±0,06 ^{Ab}
21	4,05±0,08 ^{Abc}	4,02±0,06 ^{Ab}	4,09±0,03 ^{Aab}

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de *Tukey*, para a variável tratamento. Já as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas diferentes diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de *Tukey*, em relação ao tempo de estocagem refrigerada. Maiúscula – linha; Minúscula – coluna.

A análise dos resultados revelou que os tratamentos AR, ACR e CR apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores médios de pH ao longo dos quatro períodos de estocagem avaliados. Isso indica que a escolha entre açúcar e suco de cana como adoçantes nas bebidas lácteas fermentadas não influenciou de maneira estatisticamente significativa o pH ao longo do tempo. De acordo com a Instrução Normativa nº 16, de 23 de agosto de 2005, essas bebidas devem apresentar características de leve acidez ou neutralidade.

No tratamento AR o pH diminuiu de 4,19 no primeiro dia para 3,98 no décimo quarto dia, estabilizando-se em 4,05 no vigésimo primeiro dia. No tratamento ACR, o pH reduziu-se de 4,21 para 3,89 nos primeiros quatorze dias, seguido por uma leve elevação para 4,02 no vigésimo primeiro dia. No tratamento CR, o pH variou de 4,20 para 3,98 nos primeiros quatorze dias, com um aumento subsequente para 4,09 no vigésimo primeiro dia. Essas variações indicam que o tempo de estocagem teve um impacto significativo no pH das bebidas lácteas fermentadas, independentemente do tipo de adoçante utilizado. Esse comportamento pode ser atribuído às atividades fermentativas dos microrganismos presentes, que continuam a influenciar as propriedades físico-químicas das bebidas ao longo do tempo.

Inicialmente, no primeiro dia de análise, os valores de pH para os tratamentos AR, ACR e CR foram 4,19, 4,21 e 4,20, respectivamente. Esses resultados, próximos e dentro do intervalo esperado para bebidas lácteas fermentadas, refletem o pH levemente ácido necessário para garantir a estabilidade microbiológica. Com a progressão do tempo de estocagem refrigerada para 7 dias, observou-se uma leve redução nos valores de pH em todos os tratamentos, indicando o processo natural de

acidificação das bebidas fermentadas. Os valores diminuíram para 4,17, 4,12 e 4,14 nos tratamentos AR, ACR e CR, respectivamente, evidenciando um ligeiro aumento no pH. Após 14 dias de estocagem, os valores de pH continuaram a diminuir, registrando 3,98, 3,89 e 3,98 para os tratamentos AR, ACR e CR, respectivamente. Esta redução no pH é esperada devido à continuidade da fermentação dos produtos lácteos, durante a qual ocorre a produção de ácido láctico, afetando diretamente a acidez das bebidas. No período de 21 dias, os valores de pH das bebidas lácteas fermentadas mostraram estabilidade em comparação aos 14 dias, com medições de 4,05, 4,02 e 4,09 para os tratamentos AR, ACR e CR, respectivamente. Esta estabilização sugere que as bebidas alcançaram um equilíbrio ácido-base adequado, permanecendo dentro dos padrões regulatórios estabelecidos para pH de bebidas lácteas fermentadas.

A análise estatística revelou que as variações nos valores de pH ao longo do tempo foram significativas para cada tratamento ($P < 0,05$), indicando a influência do período de estocagem na acidez das bebidas. Contudo, as diferenças entre os tratamentos em cada período específico não foram estatisticamente significativas ($P > 0,05$), o que indica que os adoçantes (açúcar ou suco de cana) não impactaram de maneira relevante o pH das bebidas. Esse resultado sugere uma consistência na resposta ácida, independentemente do tipo de adoçante utilizado. Esses dados são fundamentais para garantir que os produtos estejam em conformidade com os padrões exigidos para consumo humano.

Compreender a influência do pH nas bebidas fermentadas é essencial, pois esse parâmetro impacta diretamente a qualidade sensorial e microbiológica dos produtos (Bakari *et al.*, 2023). O pH afeta o sabor e o aroma, contribuindo para a percepção de frescor e equilíbrio (Yuliana *et al.*, 2023). Bebidas com pH mais baixo tendem a ser mais ácidas e refrescantes, enquanto um pH mais elevado oferece um sabor mais suave (Tireki *et al.*, 2024). A análise físico-química do pH é essencial para que os fabricantes ajustem a acidez das bebidas de acordo com as preferências dos consumidores, proporcionando uma experiência sensorial agradável (Klimczak, Cioch-Skoneczny e Poreda, 2024). O controle do pH também é crucial para garantir a consistência e a uniformidade do produto, já que variações podem comprometer a qualidade e segurança das bebidas, resultando em alterações de sabor, textura ou até mesmo em deterioração (Zubaidah *et al.*, 2024). Assim, a análise do pH permite

identificar e corrigir possíveis desvios no processo de produção, assegurando a conformidade com os padrões de qualidade (Řepka *et al.*, 2023).

Além do pH, a acidez também exerce um papel fundamental, permitindo que os produtores monitorem e controlem a qualidade sensorial das bebidas (Blau *et al.*, 2024). Estudos sobre os efeitos do pH na fermentação, estabilidade e perfil sensorial das bebidas são essenciais para promover avanços no conhecimento e impulsionar a inovação na indústria de alimentos e bebidas (Yuliana *et al.*, 2023). Os valores de acidez da mistura dos ingredientes após a combinação e antes do processo de fermentação, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores de acidez da mistura dos ingredientes após a combinação e antes da fermentação

Itens	Acidez
AR	0,12%
ACR	0,19%
CR	0,23%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os valores de acidez apresentados na Tabela 9 refletem a influência inicial dos ingredientes utilizados nas diferentes formulações da bebida láctea antes do processo de fermentação. A acidez inicial serve como indicativo do potencial de interferência e interação dos ingredientes com o ambiente microbiano durante a fermentação, impactando diretamente o desenvolvimento das características sensoriais e a qualidade final do produto. No contexto deste estudo, os valores de acidez em ácido láctico apresentados após a mistura dos ingredientes e antes da fermentação indicam diferenças entre as formulações. A formulação AR (contendo 10% de açúcar), apresentou uma acidez de 0,12%, refletindo uma acidez relativamente baixa antes da fermentação. Esse resultado é esperado, pois o açúcar não contribui para o aumento da acidez, atuando mais como um elemento tampão que mantém a acidez em um nível moderado (Dairy Processing Handbook, 2023).

A formulação ACR (que combina 5% de açúcar e 5% de suco concentrado de cana) apresentou uma acidez de 0,19%, sugerindo que a adição do suco de cana eleva a acidez da mistura devido aos ácidos presentes no suco, resultando em um

valor de acidez superior ao da formulação AR. Por fim, a maior acidez registrada, de 0,23%, ocorreu na formulação CR (contendo 10% de suco concentrado de cana), onde a predominância do suco de cana é evidente, contribuindo para o aumento da acidez da mistura antes do processo de fermentação. Esses valores são fundamentais para compreender como a composição inicial das formulações pode influenciar a acidez das bebidas lácteas antes da fermentação, orientando o desenvolvimento de produtos com características sensoriais desejadas.

Tabela 10. Valores médios de acidez titulável das bebidas lácteas fermentadas ao longo do armazenamento

Tempo (dias)	Tratamentos (°D)		
	AR	ACR	CR
1	55±0,94 ^{Aa}	60±1,53 ^{Aa}	62±1,53 ^{Ab}
7	56±2,31 ^{Aa}	59±2,18 ^{ABa}	66±5,01 ^{Bab}
14	62±2,11 ^{Aa}	65±2,41 ^{ABa}	71±0,51 ^{Ba}
21	63±6,08 ^{Aa}	65±8,07 ^{Aa}	60±2,99 ^{Ab}

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de *Tukey*, para a variável tratamento. Já as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas diferentes diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de *Tukey*, em relação ao tempo de estocagem refrigerada. Maiúscula – linha; Minúscula – coluna.

Os valores médios de acidez titulável variaram de forma distinta entre os tratamentos ao longo do armazenamento. No tratamento AR, os valores de acidez oscilaram entre 55±094 °D no dia 1 e 63±608 °D no dia 21, sem diferenças estatisticamente significativas ao longo do tempo ($P > 0,05$), indicando que a acidez desse tratamento permaneceu estável durante o período de armazenamento. Em contraste, o tratamento ACR apresentou uma variação de acidez de 60±153 °D no primeiro dia até 65±807 °D no dia 21, mostrando uma diferença significativa entre os tempos de estocagem ($P < 0,05$), sugerindo que houve um aumento na acidez durante o armazenamento.

Por sua vez, o tratamento CR também exibiu um comportamento significativo ao longo do tempo ($P < 0,05$), com os valores de acidez variando de 62±153 °D no primeiro dia para 71±051 °D no dia 14, antes de diminuir para 60±299 °D no último dia. Esses resultados indicam que houve uma variação expressiva na acidez nesse

tratamento, possivelmente devido à influência da adição de suco concentrado de cana na fermentação.

Em relação aos tratamentos no mesmo período de estocagem, os valores de acidez entre os tratamentos não apresentaram diferenças significativas no dia 1 ($P > 0,05$), mas mostraram variações estatísticas em dias posteriores, com destaque para a diferença entre os tratamentos AR e CR no dia 14 ($P < 0,05$). Essas diferenças podem ser atribuídas às diversas composições das bebidas, que afetam a atividade microbiana e a produção de ácidos durante a fermentação. O tratamento AR manteve uma acidez estável ao longo do tempo, enquanto os tratamentos ACR e CR exibiram variações significativas. Essas variações são resultantes das diferentes concentrações de açúcar e suco de cana, que influenciam os processos de fermentação e maturação das bebidas. A evolução da acidez durante o armazenamento pode impactar as características sensoriais e a qualidade final das bebidas (Pimentel *et al.*, 2021).

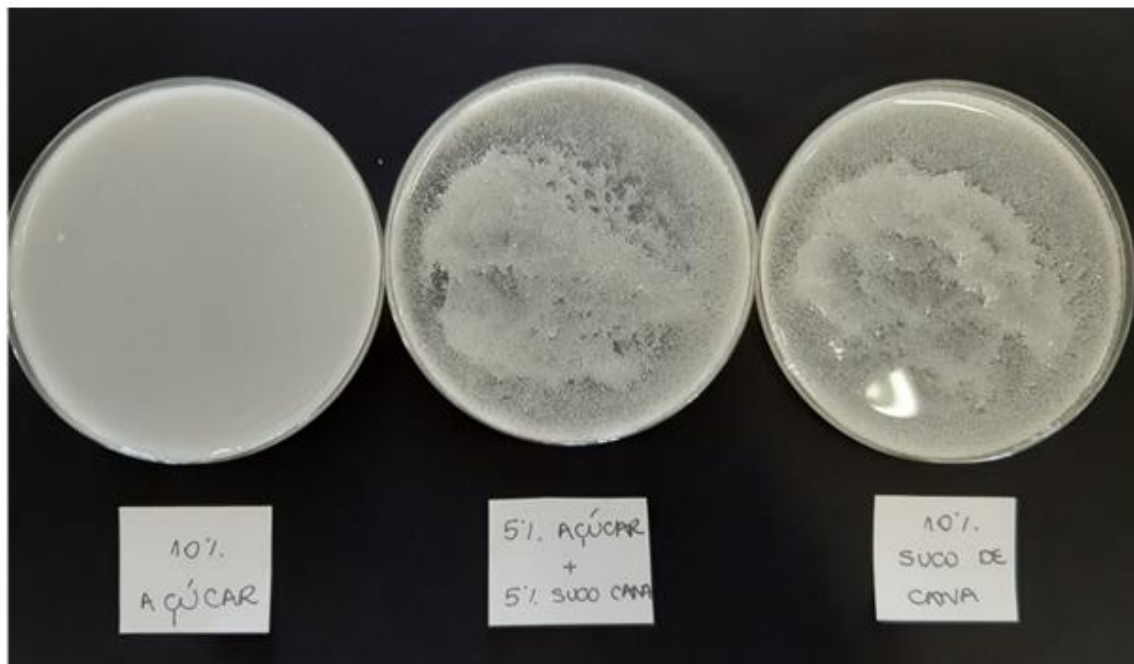
A sucessão microbiana desempenha um papel fundamental na fermentação de produtos lácteos, influenciando consideravelmente o perfil sensorial e a acidez dos produtos. Conforme destacado por Van Der Meulen e De Vuyst (2019), a diversidade microbiana em fermentações lácteas é essencial para o desenvolvimento das características dos produtos, incluindo a acidez. Durante o processo fermentativo, diferentes grupos de microrganismos, como bactérias lácticas e leveduras, predominam em estágios distintos, afetando a produção de ácidos e outros compostos que contribuem para o perfil ácido do produto. No caso dos tratamentos CR e ACR, a composição dos açúcares exerce influência direta sobre a sucessão microbiana e, conseqüentemente, a acidez das bebidas fermentadas.

No tratamento CR, a adição de 10% de suco concentrado de cana parece ter favorecido a proliferação de microrganismos específicos produtores de ácidos, resultando em variações na acidez. Já no tratamento ACR, a combinação de açúcar e suco concentrado de cana pode ter alterado a dinâmica microbiana de maneira distinta, ocasionando uma acidez diferenciada (Tamang; Shin, 2016). A presença e a atividade de microrganismos, como bactérias ácido-lácticas e leveduras, são determinantes na produção de ácidos e, portanto, na acidez dos produtos fermentados. A predominância de certos microrganismos em determinados estágios do armazenamento pode gerar aumentos na acidez, o que é corroborado pelas

variações observadas nos níveis de acidez entre os tratamentos CR e ACR ao longo do tempo (Tamang; Shin, 2016).

A acidez desempenha um papel fundamental no sabor equilibrado e refrescante das bebidas fermentadas, sendo essencial para a aceitação do consumidor (Zhou *et al.*, 2023; Klimczak, Cioch-Skoneczny e Poreda, 2024). Manter os níveis de acidez dentro de limites específicos evita que o produto se torne excessivamente ácido, comprometendo sua palatabilidade (Yuliana *et al.*, 2023). Além disso, a acidez contribui para a estabilidade microbiológica, inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis, o que garante a segurança e a durabilidade do produto (Řepka *et al.*, 2023; Hoang; Nguyen; Duong, 2024). O monitoramento constante da acidez permite ajustes no processo de produção e assegura que o perfil sensorial e as normas de qualidade sejam atendidos, além de garantir conformidade com regulamentações de segurança alimentar (Blau *et al.*, 2024; Zhou *et al.*, 2023).

Figura 6. Análise de coagulação das bebidas lácteas



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A análise de coagulação das bebidas lácteas fermentadas nos tratamentos ACR (com 5% de açúcar e 5% de suco concentrado de cana) e CR (com 10% de suco concentrado de cana) conforme demonstrado na Figura 6, revela uma correlação

direta com os valores de acidez antes e após a fermentação. A formulação ACR apresentou um aumento na acidez em comparação com a formulação AR, enquanto na formulação CR, esse aumento foi ainda mais acentuado.

Durante o processo de fermentação, o aumento da acidez desestabiliza as proteínas do leite, particularmente a caseína, promovendo a coagulação. Esse fenômeno ocorre porque a acidez crescente reduz o pH, aproximando-o do ponto isoelétrico das proteínas do leite, onde elas comprometem sua solubilidade e formam coágulos (De Vuyst; Leroy, 2019). Além disso, a adição de suco concentrado de cana nas formulações não apenas contribui para a acidificação, mas também fornece açúcares fermentáveis, intensificando o processo de fermentação e, conseqüentemente, a coagulação. Dessa forma, a formulação CR, que contém uma maior concentração de suco concentrado de cana, apresenta uma maior tendência à coagulação devido ao aumento considerável da acidez (De Vuyst; Leroy, 2019). Este aumento de acidez facilita a desestabilização das proteínas e a formação de coalhada (Fellows, 2019). Portanto, as características de cada formulação explicam a diferença na coagulação observada entre os tratamentos, com a formulação CR mostrando uma maior tendência à coagulação em função de seu conteúdo ácido mais elevado.

5.4 Análise de cor instrumental

Os valores médios dos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) das bebidas lácteas fermentadas foram analisados nos tratamentos AR, ACR e CR, conforme apresentado na Tabela 11. A análise estatística indicou que houve diferença significativa entre as médias dos parâmetros de cor ($P < 0,05$).

Tabela 11. Valores médios dos atributos para análise de cor das bebidas lácteas fermentadas

Parâmetros	Tratamentos		
	AR	ACR	CR
L^*	86,16±0,97 ^a	80,91±1,07 ^b	80,06±2,03 ^b
a^*	-3,01±0,26 ^a	-1,17±0,72 ^b	0,42±0,09 ^c
b^*	13,38±1,39 ^a	16,54±0,94 ^b	18,13±1,50 ^b

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de *Tukey*. Já as médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de *Tukey*. * L^* - luminosidade; a^* - coordenada cromática a^* (-verde/+vermelho); b^* - coordenada cromática b^* (-azul/+amarelo).

As amostras preparadas exclusivamente com açúcar (AR) apresentaram uma luminosidade média significativamente maior em comparação com as que utilizaram suco de cana, que não diferiram entre si, sugerindo que a adição de suco de cana reduziu a luminosidade das bebidas lácteas fermentadas. Além disso, as amostras contendo apenas suco de cana (CR) mostraram valores positivos para a coordenada cromática a^* (0,42), indicando uma tendência ao vermelho, enquanto as amostras com açúcar (AR) apresentaram valores negativos (-3,01), sugerindo uma tonalidade mais verde. Isso demonstra que o tratamento AR apresentou uma tonalidade mais verde, enquanto os tratamentos ACR e CR, que tiveram valores positivos para a coordenada a^* , mostraram uma tendência ao vermelho, destacando uma diferenciação cromática significativa entre as formulações.

Quanto à coordenada cromática b^* (-azul/+amarelo), as amostras com suco de cana (ACR e CR) exibiram valores médios mais elevados em comparação com as amostras adoçadas apenas com açúcar (AR), indicando que as bebidas lácteas fermentadas com suco de cana foram estatisticamente mais amarelas do que aquelas contendo apenas açúcar.

Os resultados demonstraram que a escolha do adoçante influenciou consideravelmente as características de cor das bebidas lácteas fermentadas. As amostras adoçadas com açúcar apresentaram maior luminosidade e tendência ao verde, enquanto as amostras com suco de cana foram menos luminosas, com uma inclinação para o vermelho na coordenada a^* e um tom mais amarelo na coordenada b^* . Essas variações são importantes não apenas do ponto de vista estético, mas também podem impactar a percepção sensorial e a aceitação pelo consumidor. Um estudo sobre uma bebida à base de cana-de-açúcar misturada com caldo de limão e gengibre reportou valores de 24,19 para luminosidade (L^*), 4,84 para a coordenada cromática (a^*) e 35,02 para a coordenada cromática (b^*), com um ângulo de matiz (h°) de 82,13 (Chauhan, 2021).

A cor de bebidas fermentadas possui implicações práticas e comerciais significativas (Klimczak; Cioch-Skoneczny; Poreda, 2024), sendo fundamental para a padronização da aparência e a fidelização do consumidor (Řepka *et al.*, 2023). A padronização da cor é essencial para garantir a consistência da marca e oferecer uma experiência visual que atenda às expectativas do mercado. Além disso, a coloração de bebidas fermentadas oferece informações importantes sobre sua composição,

processo de produção e qualidade (Klimczak; Cioch-Skoneczny; Poreda, 2024). Variações na cor podem indicar diferenças nos ingredientes, como malte, lúpulo ou frutas (Gedik; Karahan, 2023), além de refletirem alterações nos processos de fermentação, maturação ou envelhecimento (Bakari *et al.*, 2023).

5.5 Análises microbiológicas

Os estudos microbiológicos dos tratamentos AR, ACR e CR foram realizados ao longo de quatro períodos de estocagem (1, 7, 14 e 21 dias), com os resultados, expressos em UFC/mL, apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Análise microbiológica das bebidas lácteas fermentadas

Tratamento	Tempo (dias)	Col 30 °C	Col 45 °C	Fungos filamentosos e leveduras	BAL
AR	1	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	5,9 x 10 ⁶ UFC/mL
	7	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	3,0 x 10 ⁵ UFC/mL
	14	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	1,4 x 10 ² UFC/mL	1,0 x 10 ⁵ UFC/mL
	21	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	2,3 x 10 ² UFC/mL	7,0 x 10 ⁵ UFC/mL
ACR	1	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	8,2 x 10 ⁶ UFC/mL
	7	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	1,7 x 10 ⁷ UFC/mL
	14	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	2,1 x 10 ² UFC/mL	6,6 x 10 ⁶ UFC/mL
	21	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	2,9 x 10 ² UFC/mL	8,2 x 10 ⁶ UFC/mL
CR	1	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	2,7 x 10 ⁷ UFC/mL
	7	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	6,7 x 10 ⁶ UFC/mL
	14	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	1,8 x 10 ² UFC/mL	2,3 x 10 ⁶ UFC/mL
	21	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	<1,0 x 10 ¹ UFC/mL	3,2 x 10 ² UFC/mL	3,0 x 10 ⁶ UFC/mL

Legenda: Col = coliformes a 30 °C e a 45 °C; BAL = Bactérias ácido-láticas.

Os resultados demonstraram que, em todos os tratamentos e períodos de armazenamento, as contagens de coliformes a 30 °C e a 45 °C permaneceram consistentemente abaixo do limite detectável de <10 UFC/mL. Esses dados

confirmam que os tratamentos AR, ACR e CR atenderam aos requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 16/2005, que determina que produtos lácteos devem estar isentos de coliformes a 30 °C e 45 °C, com limites permitidos inferiores a 10 UFC/mL.

Esse resultado é relevante, pois indica uma contaminação baixa ou até mesmo inexistente por coliformes durante o período de armazenamento refrigerado. A presença reduzida de coliformes sugere que as amostras foram produzidas e armazenadas em condições higiênicas adequadas, minimizando o risco de contaminação microbiana (Silva, 2010). Estudos anteriores confirmam a eficácia do controle microbiológico em bebidas lácteas fermentadas. Moraes, Silva e Lima (2021) constataram que todas as amostras apresentaram contagem de coliformes a 30 °C inferior a 10 UFC/mL durante 15 dias de armazenamento. Oliveira e Santos (2019) observaram que a contagem de coliformes a 45 °C em iogurtes fermentados permaneceu abaixo de 10 UFC/mL ao longo de 21 dias de armazenamento refrigerado.

Na análise microbiológica de fungos filamentosos e leveduras nos três tratamentos (AR, ACR e CR), foi observado um aumento gradual nas contagens desses microrganismos ao longo dos 21 dias de estocagem. Embora tenha ocorrido esse crescimento, todas as amostras mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 161, de 9 de agosto de 2022, da ANVISA, que fixa um limite máximo de $1,0 \times 10^2$ UFC/mL para fungos filamentosos e leveduras em alimentos prontos para consumo, incluindo bebidas lácteas fermentadas. Os resultados indicaram que, ao final do período de estocagem, as contagens de fungos e leveduras, embora aumentadas, permaneceram dentro dos padrões legais, demonstrando que a formulação e o processamento das bebidas foram adequados para garantir a segurança microbiológica. Cabe ressaltar que, apesar de a Instrução Normativa nº 16/2005 do MAPA não requerer a análise de fungos filamentosos e leveduras para bebidas lácteas fermentadas, a adoção da RDC nº 161/2022 assegura um elevado padrão de controle de qualidade.

As contagens observadas confirmaram que, mesmo com o aumento gradual dos microrganismos ao longo dos dias de estocagem, os valores permaneceram dentro dos limites permitidos. Esse crescimento pode ser explicado pelas condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano nas bebidas fermentadas, que combinam alta umidade, nutrientes disponíveis e temperaturas adequadas, além da fermentação

de açúcares como a lactose, o que pode alterar o pH e a atividade de água, favorecendo o crescimento microbiano. A presença de carboidratos residuais, como o açúcar adicionado em certas formulações, pode servir de substrato adicional, intensificando a proliferação de fungos e leveduras ao longo do tempo de armazenamento (Souza *et al.*, 2019).

No tratamento CR, que incluiu suco concentrado de cana, foi registrado um ligeiro aumento nas contagens de fungos filamentosos e leveduras, possivelmente devido à presença de compostos fermentáveis no suco. Ainda assim, o controle microbiológico dentro dos padrões estabelecidos demonstrou que a adição desse ingrediente não comprometeu a qualidade final da bebida. Estudos anteriores corroboram esses achados: Lima e Pereira (2021) relataram um aumento nas contagens de fungos e leveduras em bebidas lácteas fermentadas, de menos de $1,0 \times 10^1$ UFC/mL no início do armazenamento para $3,0 \times 10^2$ UFC/mL após 21 dias. Da mesma forma, Rossi *et al.* (2021) observaram um crescimento progressivo ao longo de 21 dias, também relacionado à presença de açúcares. Esses resultados reforçam a importância do monitoramento microbiológico contínuo, especialmente em produtos lácteos fermentados, cujas condições de armazenamento e características intrínsecas, como a redução de pH e a presença de substratos fermentáveis, podem favorecer o desenvolvimento de fungos e leveduras. A conformidade das amostras com os limites estabelecidos pela RDC nº 161/2022 demonstra que, apesar do crescimento microbiano ao longo do período de estocagem, as bebidas mantiveram sua integridade microbiológica, assegurando segurança e qualidade durante todo o período de análise.

Os resultados microbiológicos das BAL nos tratamentos AR, ACR e CR foram avaliados ao longo de 21 dias de estocagem, com as contagens expressas em UFC/mL. As análises demonstraram diferenças consideráveis entre os tratamentos. O tratamento AR apresentou quedas acentuadas nas contagens de BAL após o 7º dia, permanecendo consistentemente abaixo do limite mínimo preconizado pela legislação (IN 16/2005), que é de 10^6 UFC/mL. Em contrapartida, os tratamentos ACR e CR apresentaram contagens de BAL consistentemente mais elevadas, atendendo aos requisitos legais durante todo o período de armazenamento, o que sugere uma maior estabilidade microbiológica. Esses tratamentos garantiram que as bebidas fermentadas mantivessem o perfil probiótico desejado, destacando a importância de

uma formulação adequada para sustentar o desenvolvimento do BAL ao longo do tempo.

Diversos fatores influenciam o crescimento das BAL, sendo fundamental compreender esses elementos para avaliar o desempenho microbiológico de produtos fermentados. A disponibilidade de nutrientes, por exemplo, é um aspecto crucial. As BAL dependem de açúcares fermentáveis, como a lactose, para a produção de ácido láctico. Nos tratamentos ACR e CR, a adição de suco concentrado de cana proporcionou uma fonte extra de nutrientes, favorecendo o crescimento dessas bactérias. Estudos demonstram que açúcares simples, como glicose e frutose, presentes no suco de cana, aceleram a atividade metabólica do BAL, promovendo maior produção de ácido láctico e prolongando a proteção das culturas (Madigan; Martinko; Stahl, 2018). Outro fator relevante é a acidez, que exerce influência direta no ambiente de crescimento do BAL.

Conforme Sionek *et al.* (2024), o pH do meio fermentado tende a diminuir na medida que ocorre a produção de ácido láctico. Quando o pH atinge níveis extremamente baixos, o ambiente torna-se desfavorável ao desenvolvimento das BAL, comprometendo seu crescimento. O pH ideal para o desenvolvimento dessas bactérias situa-se entre 4,5 e 6,5; além dessa faixa, seu crescimento é inibido. Isso pode explicar a redução das contagens de BAL no tratamento AR, onde o acúmulo de ácido láctico provavelmente gerou um ambiente adverso. A temperatura de estocagem também exerce influência significativa. As BAL se desenvolvem melhores em condições mesofílicas ou termofílicas, sendo a faixa de 30 °C a 45 °C a mais adequada. Variações de temperatura durante o armazenamento podem impactar os níveis de contágio de BAL, especialmente em produtos lácteos fermentados. A manutenção de uma temperatura adequada é crucial para evitar a inativação ou morte celular das BAL (Sionek *et al.*, 2024). Além disso, a interação entre as BAL e outros microrganismos presentes no ambiente fermentado pode influenciar seu desenvolvimento. A competição por nutrientes pode variar de acordo com o crescimento da BAL e microrganismos indesejáveis produzidos por substâncias antimicrobianas que estimulam o crescimento dessas bactérias (Ağagündüz *et al.*, 2021).

Para garantir a eficácia no desenvolvimento das BAL, é essencial um controle das condições de higiene, bem como a escolha adequada das culturas iniciais. Além

disso, certos compostos presentes no meio fermentado, como ácidos orgânicos, podem atuar como inibidores do crescimento bacteriano. O acúmulo de ácido láctico, por exemplo, é um fator inibitório relevante, especialmente em formulações que não utilizam aditivos funcionais, como observados no tratamento AR (Sionek *et al.*, 2024; Ağagündüz *et al.*, 2021). Em síntese, os tratamentos ACR e CR apresentaram contagens de BAL superiores ao longo do período de armazenamento, em comparação ao tratamento AR, o que pode ser atribuído à adição de suco concentrado de cana. O tratamento AR, por sua vez, não alcançou as contagens mínimas aplicáveis pela legislação brasileira (IN 16/2005), com valores de BAL abaixo de 10^6 UFC/mL. A disponibilidade de nutrientes, o controle da acidez, a temperatura de armazenamento, a competição microbiana e a presença de inibidores são fatores determinantes para a previsão e estabilidade das culturas de BAL.

6 CONCLUSÃO

O estudo aborda a formulação de bebidas lácteas fermentadas com adição de suco concentrado de cana, destacando a adequação do leite utilizado quanto aos parâmetros físico-químicos e à ausência de fraudes. O tempo de fermentação variou de 180 a 240 minutos, sem diferenças significativas nos teores de proteína, RMF e viscosidade entre os tratamentos. Houve variações estatisticamente significativas nos teores de umidade e gordura. O tratamento com açúcar apresentou maior teor de carboidratos, enquanto os tratamentos com suco de cana e suco de cana com açúcar não apresentaram diferenças significativas entre si. As variações de pH ao longo do tempo foram significativas dentro de cada tratamento, mas não entre os tratamentos em períodos específicos. Em termos de acidez, o tratamento com açúcar foi estável, o com suco de cana e açúcar mostrou significância, e o com apenas suco de cana teve oscilações. A cor variou com a adição de suco de cana resultando em tonalidades mais escuras, intensificadas pelo açúcar. As contagens microbiológicas estavam dentro dos limites legais, com os tratamentos suco de cana e suco de cana com açúcar apresentando contagens superiores de BAL, enquanto o tratamento com açúcar não atingiu as contagens mínimas exigidas pela legislação.

Embora o suco concentrado de cana tenha demonstrado efeitos positivos nas propriedades físico-químicas das bebidas lácteas fermentadas, sua aplicação pode ser limitada pela tendência à coagulação. Este estudo evidencia a necessidade de pesquisas voltadas à combinação de suco concentrado de cana com estabilizantes, com o objetivo de aprimorar a estabilidade do produto sem comprometer suas características sensoriais. Adicionalmente, recomenda-se a exploração dos efeitos de diferentes concentrações de suco concentrado de cana em formulações que incluam probióticos e ingredientes funcionais. Essa abordagem poderá fornecer subsídios importantes para o desenvolvimento de produtos inovadores, atendendo à crescente demanda por alimentos saudáveis e funcionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQ. Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. **Mercado global de queijos bate recorde em 2019**. 2021. Disponível em: http://www.abiq.com.br/noticias_1er.asp. Acesso em: 15 jan. 2023.

AĞAGÜNDÜZ, D.; YILMAZ, B.; ŞAHİN, T. Ö.; GÜNEŞLIOL, B. E.; AYTEN, Ş.; RUSSO, P.; SPANO, G.; ROCHA, J. M.; BARTKIENE, E.; ÖZOGUL, F. Dairy lactic acid bacteria and their potential function in dietetics: the food–gut–health axis. **Foods**, v. 10, n. 3099, p. 1-33, 2021.

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de Proteínas do Soro de Leite Bovino**. 1. ed. Barueri: Manole, 2003. 142 p.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos**. Jul. 2021. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 26 jan. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa N° 161, de 01 de julho de 2022**. Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação.

AOAC. **Official Method 920.123 - Fat (Crude) in Milk**. In: **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2012.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 22. ed. Maryland, 2023.

AOAC. **Dairy Products**. In: **Bradley Jr., Robert L. (Chapter Editor). Official Methods of Analysis of AOAC**. 19. ed. Washington: [s.n.], 2012. p. 1-100.

AOAC. **Official Method 991.14 – Coliform and Escherichia coli Petrifilm™ Method**.

AOAC. **Official Method 991.20-1994 (1996) – Nitrogênio (total) no leite – Método Kjeldahl**.

AOAC. **Official Method 997.02 – Yeast and Mold Counts in Foods – Dry Rehydratable Film Method (Petrifilm™ Method)**.

APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, 2001. Disponível em: http://www.apha.gov/CONTAG01_138_22122006154842.html. Acesso em: 30 nov. 2023.

BAKARI, D.; HYACINTHE, T.; GARGA, Y.; RONALD, B. J.; ROGER, D. D.; LEOPOLD, T. N. Changes in physicochemical, phytochemical and microbiological parameters during fermentation of “kargasok” tea. **World Journal of Food Science and Technology**, Maroua, v. 7, n. 3, p. 67-76, ago. 2023.

BECKER, J.; FERNANDES, I. A.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J.; VALDUGA, E. Obtenção e caracterização de concentrado proteico de soro de leite em pó. **Revista Vivências**, Erechim, v. 16, n. 31, p. 75-88, 2020.

BISULCA, C.; NASCIMBENE, P. C.; ELKIN, L.; GRIMALDI, D. A. Variation in the deterioration of fossil resins and implications for the conservation of fossils in amber. **American Museum Novitates**, n. 3734, p. 1-19, 2012.

BLAU, C. R.; ESCOTO, D.; HUTZLER, M.; ZARNKOW, M.; JACOB, F.; SAMPAIO, J. P. Production Process and Physicochemical Characterization of the Guatemalan Artisanal Fermented Beverages Boj and Suchiles. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 82, n. 1, p. 66-77, 2024.

BORTOLI, J. de. Relação da qualidade do leite in natura com a qualidade da água de dessedentação animal e os atributos do solo de propriedades rurais. 2022. **Tese** (Doutorado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

BOSCHI, J. R. Concentração e purificação das proteínas do soro de queijo por ultrafiltração. 2006. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2006.

BRANDÃO, L. B. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas: Frut-milk um produto inovador. **Revista Gestão Universitária**, 2019. Disponível em: <http://gestaouniversitaria.com.br>. Acesso em: 19 jan. 2023.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção de cana-de-açúcar cresce 10,9%, estimada em 677,6 milhões de toneladas na safra 2023/24. 2023.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5295-producao-de-cana-de-acucar-cresce-10-9-estimada-em-677-6-milhoes-de-toneladas-na-safra-2023-24>. Acesso em: 10 dez. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 80, de 17 de agosto de 2020. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para o Soro de Leite e Soro Ácido.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 157, p. 1-2, 17 ago. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias-publicadas/2020/agosto/instrucao-normativa-soro-de-leite>. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto-lei Nº 9013 de 29 de março de 2017. Aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.** Diário Oficial da União, Rio de Janeiro.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Departamento de Café, Cana-de-Açúcar e Agroenergia. Produção**

brasileira de cana-de-açúcar, açúcar e etanol. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agroenergia/pdf>. Acesso em: 20 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 46, de 23 de outubro de 2007. Adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, anexo à presente Instrução Normativa.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 out. 2007. Seção 1 (205): 4-7.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Aprova os métodos analíticos oficiais físico-químicos, para controle de leite e produtos lácteos.** Diário Oficial da União, Brasília, 14 dez. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado.** Diário Oficial da União, Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_76-2018_rtiq_leite.pdf. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018. Estabelece os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 10, 30 nov. 2018. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-77-de-26-de-novembro-de-2018-52750141>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os métodos analíticos oficiais físico-químicos, para controle de leite e produtos lácteos.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 239, p. 8, 14 dez. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 16, de 23 de agosto de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas.**

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 359. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite e Produtos Lácteos.** Diário Oficial da União, 04 set. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Norma Interna SDA nº 04, de 16 de dezembro de 2013. Programa de avaliação de conformidade de padrões físico-químicos e microbiológicos de produtos de origem animal comestíveis e água de abastecimento de estabelecimentos registrados e relacionados no Serviço de Inspeção Federal (SIF) e de produtos de origem animal comestíveis importados.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 dez. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional do Câncer - INCA. **Como identificar o açúcar escondido nos alimentos - O ingrediente pode ser descrito nos rótulos dos produtos com diferentes nomes. 2023.** Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/dicas/alimentacao/como-identificar-o-acucar-escondido-nos-alimentos>. Acesso em: 03 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria SVS/MS nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente a Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jan. 1998.

BRITO, L. P. de.; SILVA, E. C. da.; CALAÇA, P. R. de A.; MEDEIROS, R. S. de.; SOARES, M. T. C. V.; PORTO, A. L. F. Lactic acid bacteria isolated from Coalho cheese from northeast Brazil in dairy production: A screening for technological application. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e5249108457, 2020.

CARA, K. C.; FAN, Z.; CHIU, Y.-H.; JIANG, X.; ALHMLY, H. F.; CHUNG, M. Associations between Intake of Dietary Sugars and Diet Quality: A Systematic Review of Recent Literature. **Nutrients**, v. 16, n. 1549, 2024.

CHAUHAN, P. Development of Process Protocol for Sugarcane Juice. Department of Food Science and Technology, Dr. **YSP University of Horticulture & Forestry, Solan**, 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira.** 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 10 dez. 2023.

CONRAD, A.; VANDAM, E. S.; RODRIGUES, E. L.; TAVARES, M. C. Produção de ácido láctico a partir do soro de leite: uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de resíduos. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023.

CORASSIN, C. H. **Processamento de Produtos Lácteos: queijos, leites fermentados, bebidas lácteas, sorvete, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 71-114.

COSTA JÚNIOR, L. C. G. **Métodos físico-químicos para controle de qualidade em leite e produtos lácteos.** 1. ed. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2020. E-book, 681 p.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants.** New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.

CRUZ, A. G. da (org.); ZACARCHENCO, P. B. (org.); OLIVEIRA, C. A. F. de (org.); CORASSIN, C. H. (org.). **Processamento de Produtos Lácteos: Queijos, Leites Fermentados, Bebidas Lácteas, Sorvete, Manteiga, Creme de Leite, Doce de Leite, Soro em Pó e Lácteos Funcionais.** 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Academic, 2017. 389 p.

CRUZ, G. P. da; ROCHA, F. R. dos S.; ASSIS, K. B. O. de; PALMA, A. B. O.; DURÃES, R. R.; SALES, M. S. M.; ARAÚJO, M. F.; SILVA, D. M. da; OLIVEIRA, J. A. N.; FARIAS, P. K. S. Elaboração de bebida láctea fermentada com diferentes tipos de polpas de frutas. **Caderno de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 12, p. 1–6, 2020.

CSATLOS, N.; ELEMÉR, S.; TELEKY, B.; SZABO, K. Development of a fermented beverage with *Chlorella vulgaris* powder on soybean-based fermented beverage. **Biomolecules**, v. 13, n. 2, 2023.

CUNHA, J. S.; SOUZA, L. B. de.; VIEIRA, E. N. R.; LEITE JÚNIOR, B. R. C. de. Teste do álcool e do alizarol: primeiro passo para seleção do leite. **Milkpoint**, 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/lipaufv/teste-do-alcool-e-do-alizarol-1-passo-para-selecao-do-leite-227443/>. Acesso em: 15 mai. jul. 2024.

CUNHA, T. M.; CASTRO, F. P. de; BARRETO, P. L. M.; BENEDET, H. D.; PRUDÊNCIO, E. S. Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 103–116, 2008.

DE VUYST, L.; LEROY, F. **Advances in fermented foods and beverages: Improving quality, technologies and health benefits**. Elsevier, 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anuário leite 2021** (2021). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1132875>. Acesso em: 13 maio. 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. Comunicado Técnico - COT nº 73, dezembro de 2002**. Disponível em: <https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/cot/COT73.html>. Acesso em: 01 fev. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soro: história, usos e o seu papel no mercado dos laticínios**. In: Sindicato da Indústria de Laticínios e Produtos Derivados do Estado do Rio Grande do Sul. 2022. Disponível em: <https://www.sindilat.com.br/site/2022/05/10/10-05-2022>. Acesso em: 18 jan. 2023.

ERTEM, H.; ÇAKMAKÇI, S. Shelf life and quality of probiotic yogurt produced with *Lactobacillus acidophilus* and *Gobdin*. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, p. 776-783, 2017.

FELLOWS, P. J. **Food processing technology: Principles and practice**. 4. ed. Elsevier, 2017.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Version 5.6**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2011. Disponível em: <http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acesso em: 30 mar. 2024.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê proteínas do soro do leite**. 2017. Disponível em: http://revistafi.com/upload_arquivos/201707/2017070501642001500897382.pd. Acesso em: 18 jan. 2023.

FREIRE, T. T.; SILVA, A. L. T. e.; FERREIRA, B. K. O.; SANTOS, T. M. dos. Lactic acid bacteria its characteristics and importance: review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. e513101119964, 2021.

GEDIK, O.; KARAHAN, A. G. Physicochemical properties and survival assessment of potential probiotics in a novel dairy drink during storage. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 12, p. 7803-7815, 2023.

GILLESPIE, K. M.; KEMPS, E.; WHITE, M. J.; BARTLETT, S. E. The impact of free sugar on human health: a narrative review. **Nutrients**, v. 15, n. 889, 2023.

GOLD ALIMENTOS. **Suco concentrado de cana**. Disponível em: <https://goldx.com.br/suco-concentrado-de-cana>. Acesso em: 03 fev. 2023.

HAMANN, V. Soro: história, usos e o seu papel no mercado dos laticínios. **Edairynews**, 2022. Disponível em: <https://edairynews.com/br/soro-historia-usos-e-o-seu-papel-no-mercado-dos-lacticinios>. Acesso em: 15 jan. 2023.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C.; PAULA, H. Whey protein: composition, nutritional properties, applications in sports and benefits for human health. **Revista Nutrição**, v. 19, n. 4, 2006.

HERNÁNDEZ, A. H.; RODRÍGUEZ, C. C.; VÁZQUEZ, J. J. G. Novidades em probióticos: evidencias y seguridad. **Pediatría Integral**, v. XXIV, n. 3, p. 151-165, 2020.

HOANG, B. Q.; NGUYEN, H. T.; DUONG, D. N. T. Development of lactic acid fermentation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed drink and its physicochemical and sensory properties. **Journal of Food Science and Technology**, p. 1-8, 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. IV. ed., v. 1, São Paulo: IMESP, p. 98-99, 2005.

JARDIM, F. B. B. Desenvolvimento de bebida láctea probiótica carbonatada: características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. 2012. **Tese** (Doutorado em Alimentos e Nutrição). Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2012.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern Food Microbiology**. 7. ed. [s. l.]: Springer, 2005. 790 p. DOI: 10.1007/b100840.

JHA, V.; SARANG, C.; SAWANT, D.; NALAWADE, K.; DHAMAPURKAR, V.; KAUR, N.; THAKUR, K.; AMIN, S.; MANE, P.; MARATH, A. Exploration of Probiotic Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated from Different Food Sources. **American Journal of BioScience**, v. 10, n. 3, p. 118-130, 2022.

KERKSICK, C. M.; ROBERTS, M. D.; SMITH-RYAN A. E.; WILBORN, C. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 38, 2018.

KESSLER, S. G.; SILVA, C. C.; SOUZA, J. R. Efeito do tempo de armazenamento na viabilidade de bactérias ácido-láticas em iogurtes. **Revista Brasileira de Ciências de Alimentos**, v. 8, n. 1, p. 45-52, 2020.

KHAZI, M. I.; LIAQAT, F.; LIU, X.; YAN, Y. Fermentation, functional analysis, and biological activities of turmeric kombucha. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, v. 104, n. 2, p. 759-768, 2024.

KIM, D.; OH, I. Development of fermented beverage with citrus fruit extract using probiotics: impact on antioxidant activity and in vitro digestibility. **Applied Biological Chemistry**, v. 67, n. 1, p. 1-11, 2024.

KLIMCZAK, K.; CIOCH-SKONECZNY, M.; POREDA, A. Physicochemical characterization of spontaneously fermented gruit beer: historic revival and analysis. **European Food Research and Technology**, p. 1-11, 2024.

KUMAR, M.; KARTHIKA, S.; ANJITHA, N.; VARALAKSHMI, P.; ASHOKKUMAR, B. Screening for probiotic attributes of lactic acid bacteria isolated from human milk and evaluation of their anti-diabetic potentials. **Food Biotechnology**, v. 3, n. 36, 2022.

KÜTT, M.; ORGUSAAR, K.; STULOVA, I.; PRIIDIK, R.; PISMENNÕI, D.; VAIKMA, H.; KALLASTU, A.; ZHOGOLEVA, A.; MORELL, I.; KRIŠČIUNAITE, T. Starter culture growth dynamics and sensory properties of fermented oat drink. **Elsevier**, v. 9, n. 5, e15627, 2023.

LIMA, J. S.; SAMPAIO, A. P. P. O.; SILVA, P. S.; DUFOSSÉ, M. C. S. da.; ROSA, A. M. B. P. da.; MORAES, Carina M. de; ROOS, T. B. Avaliação de métodos de detecção da fosfatase alcalina em leite bovino, bubalino e caprino. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 24, e2020130, 2021.

LIMA, R. C.; PEREIRA, M. G. Comportamento de fungos e leveduras em produtos lácteos fermentados. **Food Microbiology and Food Safety**, v. 43, p. 162-169, 2021.

LIMA, T. L.; WESCHENFELDER, S. Benefícios dos probióticos para a microbiota e sua adição em derivados lácteos e suplementos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 74, n. 1, p. 51-59, 2019.

LINEU, C. *Species plantarum: exhibentes plantas rite cognitae, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Holmiae: Impensis Laurentii Salvii, 1753. v. 1, p. 54.

LOURENÇO, N. F. A. Concentração de soro de leite por nanofiltração e secagem por Spray-Drying. 2014. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2014.

MACHADO, F. B. P. A **História da cana-de-açúcar - da antiguidade aos dias atuais**. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2003/01/01/a-historia-da-cana-de-acucar-da-antiguidade-aos-dias-atuais.html>. Acesso em: 15 jan. 2024.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; STAHLY, D. **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

MAJUMDER, S.; GHOSH, A.; BHATTACHARYA, M. In vitro bioactivities and simulated gastrointestinal digestion studies on Guras-based traditional fermented drinks collected from Singalila ridge of the Himalayas. **Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal**, p. 182-198, 2023.

MARIN, F. R. Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos. 2014. **Tese** (Concurso de Livre-Docência Departamento de Engenharia de Biosistemas, área de Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, 2014.

MAZLUMI, A.; PANAHI, B.; HEJAZI, M. A.; NAN, Y. Probiotic potential characterization and clustering using unsupervised algorithms of lactic acid bacteria from saltwater fish samples. **Scientific Reports**, v. 12, p. 11952, 2022.

MENEZES, A. C. S. Desenvolvimento de bebida láctea fermentada à base de soro de leite e polpa de cajá (*Spondias mombin* L.) com potencial atividade probiótica. 2011. **Tese** (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Faculdade de Ciências Domésticas, Pernambuco, 2011.

MORAES, C. M.; SILVA, T. F.; LIMA, A. R. Controle microbiológico em bebidas lácteas fermentadas: Coliformes a 30°C. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 5, p. 1203-1210, 2021.

MU, H.; DAI, TY.; HUANG, S.; WU, K.; WANG, M.; TAN, C.; ZHANG, F.; SHENG, J.; ZHAO, C. Physical and chemical properties, flavor and organoleptic characteristics of a walnut and purple rice fermented plant drink. **Foods**, v. 13, n. 3, p. 400, 2024.

NACHILUK, K. Alta na produção e exportações de açúcar marcam a safra 2020/21 de cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**. São Paulo, v. 16, n. 6, jun., p. 1-5, 2021.

NASCIMENTO, R. A.; ALMEIDA, M. C.; MARTINS, P. H. Fermentação láctea: Processos e aplicações. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 7, p. 4321-4335, 2022.

NOVAIS, S. A. "O que é pH?". 2020. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-ph.htm>. Acesso em: 19 dez. 2023.

NUNES, L.; SANTOS, M. G. Caracterização físico-química de soros obtidos de diferentes tipos de queijos. **Portal de Periódicos UFU**, 2015. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/31172>. Acesso em: 22 nov. 2023.

NUNES, L. A.; GERBER, J. Z.; COSTA, F. P.; SOUZA, R. J. S. S.; KALID, R. A. O soro de leite, seus principais tratamentos e meios de valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 301-326, 2023.

OLIVEIRA, D.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, 2012.

OLIVEIRA, J. L.; ALMEIDA, C.; BOMFIM, N. S. A importância do uso de probióticos na saúde humana. **Unoesc & Ciência**, v. 8, n. 1, p. 7-12, 2017.

OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, E. P. Avaliação da contaminação por coliformes em iogurtes fermentados. **Food Control**, v. 100, p. 224-229, 2019.

OLIVEIRA, V. M. de.; CORTEZ, M. A. S.; FREITAS, M. Q. de.; FRANCO, R. M. Avaliação sensorial de bebida láctea fermentada com diferentes concentrações de soro de queijo, enriquecida com ferro. **Revista Brasileira Ciência Veterinária**, v. 13, n. 2, p. 67-70, 2006.

PACHECO, F. C.; PACHECO, A. F. C.; PAIVA, P. H. C.; VIEIRA, E. N. R.; LEITE JÚNIOR, B. R. C. de. **Fraudes no leite por adição de reconstituintes: como detectar**. SINDILEITE. 2021. Sindicato das Indústrias de Laticínios no Estado de Goiás. Disponível em: <https://sindileite.org.br/fraudes-no-leite-por-adicao-de-reconstituintes-como-detectar/>. Acesso em: 02 jun. 2024.

PANCIERE, B. M.; RIBEIRO, L. F. Detecção e ocorrência de fraudes no leite fluido ou derivados. **GETEC**, v. 10, n. 26, p. 1-17, 2021.

PARK, Y. W.; KALANTARI, A.; FRANK, J. F. Changes in the microflora of commercial soft goat milk cheese during refrigerated and frozen-storage. **Small Ruminant Research**, v. 53, p. 61-66, 2004.

PASSETTI, M. H. O. Como a dieta pode alterar a concentração de proteína no leite? **Milkpoint**, 2018. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/clinica-do-leite/como-a-dieta-pode-alterar-a-concentracao-de-proteina-no-leite-207730/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

PAULA, J. C. J. de.; ALMEIDA, F. A.; PINTO, M. S.; RODRIGUES, T. F.; SOBRAL, D.; MACHADO, G. M. Aproveitamento de soro de queijo de coalho na elaboração de bebida láctea fermentada. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 388, p. 25-33, 2012.

PAULA, J. C. J. de.; BOCCIA, J. N.; PAIVA, P. H. C.; SOBRAL, D.; COSTA, R. G. B. C.; TEODORO, V. A. M. T. Adequabilidade de diferentes tipos de soros de leite para o aproveitamento em produtos lácteos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 2020.

PAULA, J. C. J. de.; BOCCIA, J. N.; SOBRAL, D.; COSTA, R. G. B.; MOREIRA, G. M. de. M.; PAIVA, P. H. C.; TEODORO, V. A. M. Aproveitamento do soro de ricota na elaboração de bebida láctea acidificada carbonatada. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 75, n. 2, 2020.

PAULA, J. C. J. de.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 367-368, p. 19-25, 2009.

PEREIRA, A. A. R.; LUSNE, A. P. I. Probióticos e prebióticos na prevenção e tratamentos de doenças. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 22, n. 3, p. 162-176, 2019.

PEREIRA, D. B. C.; SILVA, P. H. F.; DE OLIVEIRA, L. L.; COSTA JUNIOR, L. C. G. C. **Físico-química do leite e derivados - Métodos analíticos**. 2. ed. revisada e ampliada. Juiz de Fora-MG: Oficina de Impressão Gráfica e Editora Ltda., 2001. 234 p.

PEREIRA, J. L.; SANTOS, T. M. Inovações tecnológicas na produção de produtos lácteos fermentados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 41, n. 1, p. 65-76, 2021.

PIMENTEL, T. C.; OLIVEIRA, A. L.; CUNHA, P. M.; SOUSA, C. L.; REIS, J. S.; LIMA, A. F.; MOREIRA, J. C. Effect of sugar and cane juice on the quality and stability of fermented dairy beverages. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 1295-1304, 2021.

RABÊLO, C. A. C.; PATRÍCIO, M. F. B. P.; NAVES, G. L.; VILELA, B. S.; SANTOS, H. C. A. S. Quantificação da microbiota presente em produtos lácteos industrializados comercializados como probióticos. **Recima 21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 5, 2022.

ŘEPKA, D.; KURILLOVÁ, A.; MURTAJA, Y.; LAPČÍK, L. Application of physical-chemical approaches for encapsulation of active substances in pharmaceutical and food industries. **Foods**, v. 12, n. 11, p. 2189, 2023.

REZZADORI, K. Pasteurização térmica e com membranas de caldo de cana adicionado de suco de maracujá. 2010. 161 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2010.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: Perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: Editora Universidade Federal de Uberlândia - Edufu, 2020.

ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; OLIVEIRA, M. S. R.; MARQUARDT, L.; RICHARDS, N. S. P. S. Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. **Tecno-lógica**, v. 15, n. 2, p. 79-83, 2011.

ROSSI, M. S.; MENDONÇA, E. M.; SILVA, C. R. Dynamics of fungal and yeast populations in fermented dairy beverages during storage. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 6, p. 2021-2032, 2021.

SABOORI, B.; SHAHID, F.; HEDAYATI, S.; JAVADMANESH, A. Investigating the probiotic properties and antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from an Iranian fermented dairy product, Kashk. **Foods**, v. 11, n. 23, 2022.

SANTIN, J. Soro do leite: o que é benefícios para a saúde. 2020. **Milkpoint**. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/beneficios-do-soro-do-leite-para-a-saude-18419n.aspx>. Acesso em: 15 jan. 2023.

SANTOS, B. F. M. dos. Impacto do Leite Instável Não Ácido na Pecuária Leiteira: Revisão Bibliográfica. 2023. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2023.

SANTOS, J. V.; SILVA, G. R.; GANDRA, L. P.; KWIATKOWSKI, A.; GOMES, A. S. G. Propriedades da cana-de-açúcar e qualidade da bebida brasileira caldo de cana. **Revista Principia: Divulgação científica e tecnológica do IFPB**, n. 56, p. 238-247, 2021.

SANTOS, M. A. Caldo de cana (*Saccharum officinarum*) probiótico adicionado de prebióticos: aceitação sensorial e estabilidade físico-química e probiótica. 2018. 85 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

SANTOS, M. P. Aproveitamento do soro do leite. 2021. **Ifope Educacional**. Disponível em: <https://blog.ifopecom.br/aproveitamento-do-soro-do-leite>. Acesso em: 18 out. 2023.

SCARABOTTO, L. Whey ou soro de leite em produtos lácteos: comportamento do consumidor e análise de rótulos. 2022. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022.

SEGUENKA, B.; BRIÃO, V. B.; CASTOLDI, V.; FORTUNA, S. S.; ENDRES, C. M.; RODRIGUES, V. M. Produção de concentrado proteico e lactose de soro de leite por processo de separação por membranas. In: **X Simpósio de Alimentos - Refinaria de Alimentos Industriais Sustentáveis**, Universidade de Passo Fundo, Campus I, 10 e 11 de dezembro de 2018.

SKRYPLONEK, N.; ELEMER, S.; TELEKY, B.; SZABO, K. Development of a fermented beverage with *Chlorella vulgaris* powder on soybean-based fermented beverage. **Biomolecules**, v. 13, n. 2, 2023.

SIQUEIRA, A. M. O.; MACHADO, E. C. L.; STAMFORD, T. L. M. Bebidas lácteas com soro de queijo e frutas. **Ciência Rural**, v. 9, n. 43, 2013.

SIQUEIRA, S. P. Aproveitamento do soro do leite como forma de viabilidade financeira: Um estudo por meio de pesquisa na COOPERGRANDE. MT. **Revista do Instituto Federal do Mato Grosso do Sul**, v. 19, n. 5, 2019.

SILVA, C. M.; FERREIRA, L. L.; COSTA, M. F. Effect of Honey on the Fat Concentration in Fermented Dairy Beverages: An Experimental Approach. **Brazilian Journal of Dairy Science**, v. 20, n. 3, p. 150-158, 2020.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010.

SILVA, D. L. G.; BATISTI, D. L. S.; GIACOMELLI FERREIRA, M. J.; MERLINI, F. B.; CAMARGO, R. B.; BARROS, B. C. B. Sugarcane: Economic, social, environmental, by-products and sustainability. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e44410714163, 2021.

SILVA, L. G. da.; DUTRA, H. P. F.; SILVEIRA, L. P. M.; LOURES, S. A. S. A.; BASTOS, P. A. M. B. Contagem de Bactérias Lácticas e Análises Físico-químicas de Bebidas Lácteas Fermentadas Comercializadas no Município de Bom Jesus do Itabapoana-RJ. **Revista Vértices**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 202–206, 2018.

SILVA, M. A.; LIMA, P. R.; FERNANDES, L. R. Comportamento das bactérias ácido-láticas em kefir de leite durante o armazenamento. **Jornal de Tecnologia Alimentar**, v. 15, n. 2, p. 98-104, 2021.

SILVA, N. da.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R.A.R.; OKAZAKI, M. M.; IAMANAKA, B. T. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 602 p. ISBN 9786555062977.

SILVA, S. M. M. Proteína do soro do leite hidrolisado na síntese proteica muscular. 2019. 43 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências da Saúde) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2019.

SILVA, T. M. S. Desenvolvimento de bebidas lácteas probióticas adicionadas de polpa de morango e suplementadas com L-triptofano elaboradas a partir de leite bubalino e bovino. 2021. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Alimentos, Nutrição e Meio Ambiente) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, 2021.

SILVESTRIN, P. D.; SODRÉ, L. W. de B.; OLIVEIRA, A. P. de. Analysis of the physicochemical quality of raw milk delivered to a processing cooperative in the city of Juína-MT. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e59811125476, 2022.

SIONEK, B.; SZYDŁOWSKA, A.; TRZĄSKOWSKA, M.; KOŁOŻYŃ-KRAJEWSKA, D. The impact of physicochemical conditions on lactic acid bacteria survival in food products. **Fermentation**, v. 10, n. 298, p. 1-17, 2024.

SOUSA, T. L.; SILVA, A. M. S.; SILVA, M. K. G.; LIMA, G. S.; VELOSO, R. R.; SHINOHARA, N. K. S. Lactic acid bacteria count in yogurts and dairy drinks from the metropolitan region of Recife-PE. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, e157111537002, 2022.

SOUZA, P. G.; CASTRO, M. S.; PANOJA, L.; MAEDA, R. N.; MARINHO, H. A. Avaliação da qualidade físico-química de bebidas lácteas sabor araçá-boi (*Eugenia stipitata*). **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 2, p. 59-64, 2022.

SOUZA, T. de.; MACHADO, T. de O. X.; MESQUITA, R. V. dos S. C. Aproveitamento do soro de leite na elaboração de uma bebida de maracujá com tecnologia de produção do néctar soro. **Revista Semiárido De Visu**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 84–93, 2018.

SOUZA, C. M.; OLIVEIRA, A. L.; SANTOS, R. P.; PEREIRA, M. F.; LIMA, J. P. Microbiological dynamics in fermented dairy beverages: An analysis of yeast and filamentous fungi growth. **Brazilian Journal of Dairy Science**, v. 19, n. 3, p. 150-159, 2019.

PHILIPPI, S. T. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2.** São Paulo, 2023.

TAMANG, J. P.; SHIN, D. H. Functional properties of microorganisms in fermented foods. In: TAMANG, J. P.; KIM, S. I.; HONG, S. I.; NAKAYAMA, J. (Ed.). **Fermented Foods and Beverages of the World**. CRC Press, 2016. p. 105-130.

TEAGASC FOOD RESEARCH CENTRE; UNIVERSITY COLLEGE CORK. pH, the Fundamentals for Milk and Dairy Processing: A Review. **Dairy**, v. 4, n. 3, p. 395-409, 2023.

TETRA PAK. **Dairy Processing Handbook**. 2023. Disponível em: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com>. Acesso em: 9 set. 2024.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 589-595, 2006.

TIREKI, S. Influence of water properties on the physicochemical and sensorial parameters of water kefir. **Journal of Culinary Science & Technology**, p. 1-21, 2024.

TU, C.; YU, T.; FENG, S.; XU, N.; MASSAWE, A.; SHUI, S.; ZHANG, B. Dynamics of microbial communities, flavor, and physicochemical properties of kombucha-fermented *Sargassum fusiforme* beverage during fermentation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 186, p. 114221, 2024.

VAN DER MEULEN, R.; DE VUYST, L. Microbial diversity in dairy fermentation: A review. *International Dairy Journal*, v. 19, n. 12, p. 733-742, 2009.

VIAN, C. E. F. **Árvore do conhecimento cana-de-açúcar: qualidade da matéria-prima. Ageitec.** EMBRAPA, Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeaacucar/>. Acesso em: 23 maio. 2023.

VIEIRA, S. M. Detecção e classificação de soros lácteos em leites UHT e in natura empregando infravermelho médio com transformada de Fourier e análises multivariadas. 2016. **Tese** (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Belo Horizonte, 2016.

YULIANA, N.; NURAINY, F.; SARI, G. W.; SUMARDI, S. Total microbe, physicochemical property, and antioxidative activity during fermentation of cocoa honey into kombucha functional drink. **Applied Food Research**, v. 3, n. 1, p. 100297, 2023.

ZACARCHENCO, P. B. I.; VAN DENDER, A. G. F. I.; SILVA-ALVES, A. I.; SPADOTI, L. M. I.; MASSAGUER-ROIG, S. Aplicações de soro de queijo em bebidas. **Indústria de Laticínios**, Ano XVIII, n. 103, p. 42-47, 2013.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed., 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

ZHOU, S.; JIA, Q.; CUI, L.; DAI, Y. Physical–chemical and sensory quality of oat milk produced using different cultivars. **Foods**, v. 12, n. 6, p. 1165, 2023.

ZHUMAKADYROVA, S.; MAZHITOVA, A. The free amino acid profiling of milk-and cereal-based Kyrgyz ethnic fermented beverages and their contribution to taste formation. **Food Science and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 67-78, 2024.

ZIARNO, M.; ZARĘBA, D.; ŚCIBISZ, I.; KOZŁOWSKA, M. Texture and water holding capacity of oat drinks fermented with lactic acid bacteria, bifidobacteria and Propionibacterium. **International Journal of Food Properties**, v. 27, n. 1, p. 106-122, 2024.

ZUBAIDAH, E.; CHARISTA DEA, E.; SUJUTI, H. Physicochemical characteristics of kombucha based on various concentration of white turmeric (*Curcuma zedoaria* (Berg.) Roscoe). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 56, p. 102998, 2024.