

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - CAMPUS BAMBUÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Luzia Ferreira Irene

**Desenvolvimento de bebida láctea carbonatada à base de soro de
leite e pitaya (*Dragon fruit*)**

BambuÍ

2024

LUZIA FERREIRA IRENE

**Desenvolvimento de bebida láctea carbonatada à base de soro de
leite e pitaya (*Dragon fruit*)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Engenharia de
Alimentos do Instituto Federal de Minas
Gerais - *Campus Bambuí* para a obtenção do
Grau de Bacharel em Engenharia de
Alimentos.

Orientadora: Sônia de Oliveira Duque
Pacciuli

Coorientadora: Alessandra Regina Vital

Bambuí

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Departamento de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Vargem - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
11 3433 4900 - www.ifmg.edu.br

LUZIA FERREIRA IRENE

Desenvolvimento de bebida láctea carbonatada a base de soro de leite e pitaya (*Dragon fruit*)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia de
Alimentos do Instituto Federal de Minas
Gerais Campus Bambuí para a obtenção do
Grau de Engenheiro de Alimentos.

Aprovado em: 19/12 /2024 pela banca examinadora:

Prof. Dra. Sônia de Oliveira Duque Pacciuli (Orientador)

Dra. Alessandra Regina Vital (Co - Orientador)

Prof. Dra. Gaby Patricia Terán Ortiz

Prof. Dra. Raquel Martino Bemfeito Carvalho

Bambuí



Documento assinado eletronicamente por **Sonia de Oliveira Duque Paciulli, Professor**, em 23/01/2025, às 09:15, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Gaby Patricia Teran Ortiz, Professora**, em 24/01/2025, às 15:17, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Raquel Martino Bemfeito, Professora**, em 25/01/2025, às 16:39, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Regina Vital, Técnica de Laboratório / Área Alimentos**, em 27/01/2025, às 08:30, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadoes> informando o código verificador **2172468** e o código CRC **4BCFD8C1**.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

I66d Irene, Luzia Ferreira.
Desenvolvimento de bebida láctea carbonatada a base de soro de leite e
pitaya (Dragon fruit). / Luzia Ferreira Irene. – 2025.
56 f.; il.: color.

Orientadora: Sônia de Oliveira Duque Paciulli.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Engenharia de Alimentos, 2025.

1. Bebida láctea. 2. Soro de leite. 3. Hylocereus polyrhizus. I. Paciulli,
Sônia de Oliveira Duque. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 637.1476

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a força e a sabedoria durante toda essa jornada; à minha família, pelo amor e apoio incondicionais; à minha orientadora, Profa. Sônia, pela orientação valiosa e dedicação; à minha coorientadora, Alessandra, pelos conselhos essenciais e assistência constante. Aos professores do IFMG - *Campus Bambuí*, pelo conhecimento transmitido e incentivo constante; aos funcionários da Instituição, pelo suporte e prontidão em ajudar. A todos, meu sincero agradecimento. Este trabalho é fruto de uma construção coletiva, e sou grata por cada contribuição recebida.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar a estabilidade de uma bebida láctea carbonatada utilizando soro de leite e *coulis* de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) como corante natural, em consonância com as tendências *clean label* do mercado. Foram formuladas seis bebidas, divididas em dois grupos: três com *coulis* refrigerado (grupo 1) e três com *coulis* congelado (grupo 2). A metodologia envolveu a obtenção do soro de leite, submetido à pasteurização lenta; a preparação do *coulis* com pitaya e suco de limão; a formulação de um xarope à base de soro; e a carbonatação por injeção direta de CO₂. As amostras foram analisadas nos tempos 0, 14, 28 e 42 dias, considerando-se os parâmetros pH, sólidos solúveis totais (SST), teor de CO₂ e análise colorimétrica (CIELAB), além de análises microbiológicas. Os resultados indicaram que as formulações do grupo 2 apresentaram menor variação nos parâmetros físico-químicos durante o armazenamento, demonstrando maior estabilidade em comparação ao grupo 1. O pH médio variou entre 4,94 e 3,68, sendo as menores médias observadas nas formulações do grupo 2. Os valores de SST apresentaram uma tendência de aumento ao longo do tempo, com valores iniciais de 15,35 a 18,1 °Brix e finais de 15,2 a 21,9 °Brix, sendo as formulações do grupo 2 mais estáveis. As análises de CO₂ revelaram uma variação significativa ao longo do armazenamento, com redução nos teores de gás em todas as formulações, sugerindo necessidade de melhorias na retenção. A análise colorimétrica demonstrou que o grupo 2 manteve melhor a tonalidade ao longo do tempo, enquanto o grupo 1 apresentou maior perda de intensidade de cor. Conclui-se que as formulações com *coulis* congelado (grupo 2) são mais adequadas, considerando-se a sazonalidade da pitaya e a estabilidade físico-química observada.

Palavras-chave: bebida láctea. Soro de leite. *Hylocereus polyrhizus*. *Clean label*. Carbonatação.

ABSTRACT

This study aimed to develop and evaluate the stability of a carbonated dairy beverage using whey and dragon fruit coulis (*Hylocereus polyrhizus*) as a natural colorant, in line with the clean label market trends. Six beverage formulations were developed, divided into two groups: three with refrigerated coulis (group 1) and three with frozen coulis (group 2). The methodology involved obtaining whey, subjected to slow pasteurization, preparing the coulis with dragon fruit and lemon juice, formulating a whey-based syrup, and carbonation by direct CO₂ injection. Samples were analyzed at 0, 14, 28, and 42 days, evaluating pH, total soluble solids (TSS), CO₂ content, and color analysis (CIELAB), in addition to microbiological assessments. The results indicated that formulations in group 2 showed less variation in physicochemical parameters during storage, demonstrating greater stability compared to group 1. The average pH ranged from 4.94 to 3.68, with lower averages observed in group 2 formulations. The TSS values showed an increasing trend over time, with initial values from 15.35 to 18.1 °Brix and final values from 15.2 to 21.9 °Brix, with group 2 formulations being more stable. CO₂ analysis revealed significant variation over storage, with decreasing gas levels in all formulations, suggesting the need for improvements in retention. The colorimetric analysis showed that group 2 maintained better color stability over time, while group 1 exhibited greater color intensity loss. It is concluded that formulations with frozen coulis (group 2) are more suitable, considering the seasonal availability of dragon fruit and the observed physicochemical stability.

Keywords: dairy beverage, whey, dragon fruit, clean label, carbonation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Imagem do fruto da pitaya (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	17
Figura 2: Pitaya e limão utilizados para o preparo do <i>coulis</i>	21
Figura 3. <i>Coulis</i> de Pitaya (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	22
Figura 4: Fluxograma de fabricação da bebida carbonatada adicionada de <i>coulis</i> de pitaya(<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	24
Figura 5: Equipamento utilizado para carbonatação do soro.....	25
Figura 6: Amostras de <i>coulis</i> refrigerado(A), <i>coulis</i> congelado(B), soro de leite(C), xarope de soro lácteo(D) e da bebida láctea carbonatada de pitaya(E).	25
Figura 7: Garrafas da bebida láctea carbonatada.....	27
Figura 8: Análise de CO ₂ -liberação do CO ₂ por meio de aquecimento em Banho Maria....	28
Figura 9: Refratômetro de bancada utilizando para análise de sólidos solúveis totais.....	35
Figura 10: pH em função do Tempo dentro do tratamento 1.1 (A); tratamento 1.2 (B) e tratamento 1.3 (C)	36
Figura 11: pH em função do Tempo dentro do tratamento 2.2 (A); tratamento 2.3 (B)	38
Figura 12: Sólidos solúveis (°Brix)em função do Tempo dentro do tratamento 2.3.....	39
Figura 13: Quantidade de CO ₂ das formulações durante o período de armazenamento	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos para soro de leite líquido e concentrado.....	15
Tabela 2 - Formulação do <i>coulis</i> de pitaya.....	21
Tabela 3 - Formulações das bebidas carbonatadas adicionadas de <i>coulis</i> de pitaya congelado e natural.....	23
Tabela 4 - Parâmetros analisados do <i>coulis</i> congelado e natural utilizado na saborização da bebida láctea carbonatada.....	34
Tabela 5 - Análise do pH durante o armazenamento da bebida láctea carbonatada adicionada de <i>coulis</i> de pitaya.....	34
Tabela 6 - Avaliação dos sólidos solúveis durante o tempo de armazenamento da bebida láctea carbonatada.....	37
Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos avaliados no tempo 0 de armazenamento da bebida láctea carbonatada.....	44
Tabela 8 - Tabela de cor do <i>coulis</i> congelado e natural para diferentes formulações e períodos de armazenamento.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.1.2Objetivo Geral	13
1.1.1 Objetivos Específicos.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 O mercado de produtos lácteos carbonatados	14
2.1.1 Efeitos da carbonatação em produtos lácteos.....	15
2.2 Soro de leite.....	16
2.3 Bebida láctea	17
2.4 Pitaya.....	17
2.5 Coulis.....	18
2.6 Cor.....	19
2.6.1 Análise colorimétrica	20
3. METODOLOGIA.....	21
3.1 Preparo do <i>Coulis</i>	21
3.2 Preparo do Soro	23
3.3 Preparo do Xarope	24
3.4 Formulações das bebidas lácteas carbonatadas	24
3.5 Preparo da bebida.....	24
3.6 Análises físico-químicas.....	27
3.6.1 Determinação de CO ₂	27
3.6.2 pH	28
3.6.3 Sólidos solúveis totais (SST)	28
3.6.4 Extrato seco total.....	29
3.6.5 Cinzas.....	29
3.6.6 Colorimetria	30
3.7 Análises microbiológicas.....	31
3.7.1. Bolores e leveduras.....	32
3.7.2 <i>Salmonella</i> sp.	32
3.7.3 Contagem de coliformes totais e termotolerantes.....	32
3.7.4 Contagem de bactérias aeróbias mesófilas	33
3.7.5 <i>Staphylococcus aureus</i>	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Avaliação da estabilidade físico-química durante a estocagem	35

4.1.1 Análise do CO ₂ durante o armazenamento.....	40
4.1.2 Análise de cor.....	41
4.1.2.1 Análise comparativa e justificativa das melhores formulações.....	44
4.1.3 Análises microbiológicas.....	45
4.3 Pontuações para melhoria em trabalhos futuros	47
5. CONCLUSÃO	48
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	49
7. APÊNDICE.....	55

1. INTRODUÇÃO

A busca por soluções sustentáveis e inovadoras na indústria alimentícia tem incentivado o aproveitamento de subprodutos industriais, como o soro de leite. Em função da quantidade de leite processado no Brasil, a disponibilidade do soro de leite produzido pelas indústrias é ampla, o que pode se tornar um problema, por suas características poluentes. O soro de leite é um subproduto rico em proteínas solúveis, lactose e outros compostos, e pode ser utilizado em diversos produtos alimentícios, como pães, bebidas lácteas, entre outros. Sua utilização como ingrediente em bebidas carbonatadas atende à crescente demanda por produtos funcionais e com apelo sustentável.

A carbonatação desempenha um papel essencial na formulação de bebidas, pois não só melhora a aceitação sensorial ao conferir efervescência e frescor, mas também atua como conservante, aumentando a vida útil ao inibir microrganismos deteriorantes (JARDIM, 2012). O teor de dióxido de carbono (CO_2) é um parâmetro crítico em bebidas carbonatadas, influenciando a percepção do produto e a estabilidade físico-química. Segundo Chang e Zhang (1992), o CO_2 reduz o pH, contribuindo para a preservação microbiológica e físico-química do produto. As bebidas carbonatadas encontradas no mercado, em geral, utilizam corantes artificiais para melhorar o apelo visual. O mercado consumidor atual valoriza produtos que utilizam corantes naturais em substituição aos artificiais. Em face disso, já encontramos algumas formulações que oferecem corantes naturais provenientes de frutos, flores, entre outros alimentos, que também contribuem com o sabor ou visam desempenhar um papel potencialmente benéfico à saúde.

A pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) destaca-se por sua rica composição em betalaínas, pigmentos naturais que conferem coloração intensa e estabilidade química, sendo uma alternativa atrativa para a indústria de alimentos (KHAN *et al.*, 2018). Segundo Cruz *et al.* (2017), o uso de ingredientes naturais, como a pitaya, está alinhado às tendências de mercado por produtos *clean label* e saudáveis. Em face disso, este trabalho busca contribuir para o mercado de bebidas lácteas, garantindo segurança do alimento, promovendo inovação e sustentabilidade.

1.1 Objetivos

1.1. 2 Objetivo Geral

Produzir uma bebida láctea carbonatada à base de soro de leite utilizando como corante natural a pitaya vermelha.

1.1. 3 Objetivos Específicos

- Testar diferentes formulações à base de soro de leite carbonatado utilizando *coulis* de pitaya vermelha;
- Avaliar a estabilidade colorimétrica da bebida desenvolvida;
- Avaliar o teor de CO₂ durante o armazenamento da bebida carbonatada;
- Avaliar *shelf life* da bebida carbonatada por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos ao longo de 42 dias;
- Avaliar as alterações da cor da bebida carbonatada produzida com *coulis* congelado ou armazenado sob refrigeração.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O mercado de produtos lácteos carbonatados

A indústria de bebidas carbonatadas é considerada uma das mais maduras em todo o mundo e apresenta uma Taxa de Crescimento Anual Composta (TCAC) de 6,5% para os próximos 5 anos. O mercado global de bebidas carbonatadas é segmentado por tipo (padrão, *diet*, carbonatados com sabor de frutas e outros), por canal de distribuição (hipermercados/supermercados, loja especializada, lojas de conveniência, loja online e outros); e por Geografia (América do Norte, Europa, Ásia-Pacífico, América do Sul, Oriente Médio e África) (MORDORINTELLIGENCE, 2023).

Face a essa demanda do mercado consumidor por produtos inovadores e saudáveis, Ravindra *et al.* (2011) citam que a carbonatação é um método conhecido por ser simples e barato, reconhecido como seguro e viável para aplicação em produtos lácteos. A fabricação das bebidas lácteas carbonatadas a partir do soro integral foi, primeiramente, proposta por Dordevic *et al.* (1966), e, mais recentemente, a *Milk Specialties Global* desenvolveu a primeira bebida carbonatada transparente, elaborada com um isolado de proteína de soro de leite claro e estável ao calor (SILVA, 2023). De acordo com esse autor, outras bebidas lácteas carbonatadas, como *Soda Calpis*, *White Soda*, *Soda Freekee*, *Kool Cow*, *White Pepsi* e *Yogurt Flavor*, encontram-se disponíveis no mercado mundial.

Segundo Karagül-yüceer *et al.* (1999), a aceitação de bebidas à base de proteínas lácteas carbonatadas tem crescido devido ao seu efeito benéfico à saúde e também ao uso do gás carbônico, que, além da efervescência e do efeito refrescante, transmite à bebida um paladar característico. Silva (2023) cita que essas bebidas atendem à demanda de mercado dos consumidores que buscam por produtos *clean label*, seguindo, portanto, como a nova tendência nutricional. Segundo Cruz *et al.* (2017), a técnica de dissolução de dióxido carbono (CO₂) à bebida láctea desenvolverá as características de efervescência e refrescância, propiciando, assim, um produto inovador.

2.1.1. Efeitos da carbonatação em produtos lácteos

Há uma gama de processos de carbonatação de bebidas, porém o método que se apresenta mais adequado, por se tratar de um produto altamente viscoso, é o de injeção de carbono gasoso (dióxido de carbono) no produto. Este método foi sugerido como uma forma de superar o problema (JARDIM, 2012).

Combinações específicas de pressão e temperatura, associadas à utilização do CO₂, podem precipitar as proteínas do leite devido a uma leve redução do pH. A precipitação de proteínas ocorre quando a bebida apresenta um pH abaixo do ponto isoeletrico da caseína, que é a principal proteína do soro (pH 4,6) (JARDIM, 2012).

Outros efeitos da carbonatação foram identificados por Chang e Zhang (1992), que, em seus estudos, observaram que o dióxido de carbono reduziu o crescimento de microrganismos deteriorantes do leite em temperaturas refrigeradas, verificando, assim, resultados de extensão de vida útil do produto. Segundo Jardim (2012), a carbonatação pode inibir a taxa de crescimento de microrganismos em produtos lácteos.

Chang e Zhang (1992) relataram, também, um aumento da viscosidade durante o tempo de estocagem do leite. Jardim (2012) observou que proteínas em leites carbonatados também não são estáveis quando submetidas ao tratamento térmico. Em relação à lipólise e proteólise, diversos autores observaram uma redução dos níveis em leites pasteurizados previamente tratados com CO₂ (RAJAGOPAL, WERNER, HOTCHKISS, 2005; THONGOUPAKARN, 2001).

Diversos pesquisadores têm elaborado bebidas lácteas carbonatadas e avaliado, além dos fatores citados, sua aceitação sensorial, visando à oferta de produtos diferenciados ao mercado. LOURENÇATO (2019), em seus estudos, propôs a elaboração de uma bebida láctea probiótica e carbonatada, e Jardim *et al.* (2012), o desenvolvimento de uma bebida láctea carbonatada e potencialmente probiótica sabor morango. Segundo os autores, a fermentação e a carbonatação aumentaram a estabilidade físico-química e a refrescância da bebida. Já Oliveira *et al.* (S/N) elaboraram uma bebida carbonatada à base de soro de leite e mosto de cevada, saborizada com abacaxi e limão. As formulações sabor limão, em geral, apresentaram maior aceitação que as de sabor abacaxi. Paula (2005) desenvolveu uma bebida carbonatada à base de soro de leite e aromatizada com diferentes sabores. A fim de conferir leveza à bebida láctea, surgiu a ideia de inserir a técnica de carbonatação, muito comum aos refrigerantes e às águas minerais e saborizadas. Desse modo, Paula (2020) elaborou uma bebida láctea acidificada e carbonatada à base de soro de ricota que manteve a estabilidade físico-química e microbiológica ao longo do armazenamento a 5°C por 60 dias.

2.2 Soro de leite

O soro de leite, segundo o Art. 2º da Instrução Normativa N.º 80, de 13 de agosto de 2020, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é o subproduto lácteo líquido extraído da coagulação do leite utilizado no processo de fabricação de queijos, caseína

alimentar e produtos similares (BRASIL, 2020). Este subproduto, amplamente disponível no Brasil, é rico em nutrientes, incluindo proteínas e lactose, tornando-se uma base estratégica para o desenvolvimento de alimentos diferenciados (SILVA, 2023). Ainda, segundo o autor, o elevado volume produzido diariamente nas indústrias de lácteos no país, aliado à sua importância, tornam esse subproduto relevante, despertando o interesse das indústrias laticinistas para novas possibilidades de utilização deste subproduto.

O soro de leite pode ser classificado, quanto à acidez, em ácido, quando apresenta pH inferior a 6, e doce, quando a coagulação se produz principalmente por ação enzimática, devendo apresentar pH entre 6,0 e 6,8 (BRASIL, 2020). Os parâmetros físico-químicos para soro de leite líquido e concentrado estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos para soro de leite líquido e concentrado.

Requisitos	soro de leite doce (*)	soro de leite ácido (*)	soro de leite doce concentrado e soro de leite ácido concentrado (*)
pH	6,0 a 6,8	Inferior a 6,0	5,8 a 6,9
Acidez titulável em ácido láctico (g/100g)	0,08 a 0,14	-	-
Sólidos totais (g/100mL)	Mínimo 5,0 **	Mínimo 5,0 **	Mínimo 11,0

(**)- Mínimo 4,5 para soros obtidos de queijo de massa lavada.

(*) Os requisitos físico-químicos que constam na Tabela 1 são válidos para os soros de leite e soros de leite concentrados, com redução de sais minerais e lactose.

Fonte: BRASIL (2020).

Segundo Fitzsimons *et al.* (2006), o soro de leite contém, em média, 93% de água, 5% de lactose, 0,9 a 0,7% de proteínas, 0,5 a 0,3% de gordura, 0,2% de ácido láctico e pequenas quantidades de vitaminas. A fração proteica contém, aproximadamente, 50% de b-lactoglobulina, 25% de a-lactoalbumina e 25% de outras frações proteicas, incluindo imunoglobulinas.

Silva (2023) cita que, embora o soro seja considerado resíduo, devido à sua composição físico-química, o mercado para os produtos que o utilizam como matéria-prima tem evidenciado um aumento acelerado, como é o caso dos suplementos alimentares,

empregados na elaboração de *whey protein* - isolados proteicos e BCAAs (*Branched-Chain Amino Acids*, ou aminoácidos de cadeia ramificada). Além disso, é utilizado, ainda, na fabricação de ricota, sorvetes, bebidas lácteas e, mais recentemente, nas bebidas lácteas carbonatadas (SILVA, 2023).

2.3 Bebida láctea

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade, entende-se por Bebida Láctea:

“o produto lácteo resultante 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 ingredientes do produto” (BRASIL, 2005).

Segundo Cruz *et al.* (2017), o mercado de bebidas lácteas no Brasil cresceu muito devido ao sabor agradável, valor nutricional, textura e baixo custo, sendo que o consumo atinge 50% da população brasileira. Cunha *et al.* (2008) relatam que as bebidas lácteas são potenciais substitutos do iogurte por apresentarem características físico-químicas e sensoriais parecidas com as do iogurte e custo relativamente menor. Segundo KARAGÜL-YÜCEER *et al.* (1999), há espaço no mercado para inovações em produtos lácteos fermentados e carbonatados.

2.4 Pitaya

O estado de São Paulo foi o maior produtor nacional de pitaya, com 586 toneladas(t) em 2017, seguido por Santa Catarina (350 t), Minas Gerais (181 t) e Pará (152 t). Na região Centro-Oeste, destaca-se o estado de Goiás, com 23 t produzidas em 135 hectares (ha), seguido por Mato Grosso do Sul, com apenas 5 t produzidas em 5 ha (SANTOS *et al.*, 2022).

Pertencente à família *Cactaceae*, a pitaya é conhecida mundialmente como *Dragon Fruit* (Fruta do Dragão) (SANTOS *et al.*, 2022). O interesse na extração dos corantes naturais presentes tanto na polpa quanto na casca da pitaya tem oportunizado diversos estudos em relação à extração, caracterização e determinação da atividade antioxidante desta fruta. Cerca de 22% da fruta inteira da pitaya são constituídos de casca (Figura 1), considerada resíduo da indústria alimentícia, com elevada quantidade de betalaínas em sua composição,

tornando-se uma fonte promissora destes compostos para a utilização como corantes naturais em diversos segmentos (NAKAYAMA, 2020; JAMILAH *et al.*, 2011).

Figura 1 - Imagem do fruto da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)



Fonte: Planeta Semente (2024).

A pitaya é considerada uma fruta exótica bastante atrativa devido às suas características sensoriais, coloração e aparência (SANTOS *et al.*, 2022). Além disso, tem a vantagem de não apresentar substâncias que conferem sabor residual desagradável, como o sabor de terra (MELLO, 2014), característico da beterraba, principal fonte comercial de betalaína, concentrada ou em pó (VOLP; RENHE; STRINGUETA, 2009).

A pitaya possui a polpa succulenta e delicada, com coloração variando de roxo-vermelho para branca, com grande quantidade de sementes pequenas e macias, casca em escamas bem desenvolvidas, de coloração rosa intenso ou amarela, dependendo da espécie (FERNANDES *et al.*, 2010).

Segundo Santos *et al.* (2022), a pitaya é uma fruta em potencial para produção de inúmeros produtos, pois seus frutos apresentam excelentes características para a industrialização, especialmente os de polpa colorida e coloração extremamente atrativa. Além disso, existem muitas técnicas de conservação para potencializar a concentração das substâncias bioativas presentes no fruto (OLIVEIRA; PRECZENHAK; KLUGE, 2023; SANTOS; SALOMÃO, 2023; SOUSA; BOSCOLO; VALLE, 1991).

2.5 Coulis

O coulis é um molho suave, geralmente, feito a partir de frutas ou vegetais, utilizado para realçar o sabor e a apresentação de diversos pratos. Na gastronomia moderna, o

coulis se destaca por sua versatilidade, podendo ser usado tanto em sobremesas quanto em pratos salgados. Essa técnica de purê de frutas ou vegetais não só preserva os sabores, mas também agrega cor e textura aos pratos (EAD Gourmet, 2024).

Com base na legislação brasileira, particularmente a Lei n.º 8.918/1994 e seus regulamentos, o *coulis* é classificado como um produto alimentício processado derivado da polpa de frutas ou vegetais, podendo conter adição de açúcares ou outros ingredientes permitidos. Esta definição é corroborada pelo Decreto n.º 6.871/2009 e pela Lei n.º 13.648/2018, que reforçam a importância de normas rigorosas para garantir a segurança e a qualidade dos alimentos processados (BRASIL, 2009; BRASIL, 2018).

Uma das principais vantagens do *coulis* em relação à polpa fresca é sua versatilidade e facilidade de armazenamento. Devido ao seu processamento, o *coulis* tem uma vida útil significativamente mais longa do que a da polpa fresca, permitindo seu uso prolongado em diversas preparações culinárias, sem risco de deterioração rápida (EAD Gourmet, 2024). Além disso, o processo de fabricação do *coulis* preserva os sabores originais das frutas e vegetais, muitas vezes, intensificando-os, o que pode ser uma vantagem na preparação de pratos mais saborosos e visualmente atraentes (BRASIL, 2009).

O *coulis* também se destaca por sua capacidade de agregar valor às bebidas. Quando utilizado em coquetéis, sucos e *smoothies*, não só adiciona sabor, mas também contribui para uma textura mais homogênea e uma apresentação mais atraente. Estudos indicam que a adição de *coulis* a bebidas pode melhorar a aceitação sensorial dos consumidores, destacando sua importância na indústria de alimentos e bebidas (EAD Gourmet, 2024).

Portanto, o *coulis* oferece uma alternativa prática e saborosa à polpa fresca, com vantagens significativas em termos de durabilidade, intensidade de sabor e aplicabilidade em diversas preparações, incluindo bebidas. Estas características o tornam uma escolha atrativa para *chefs* e consumidores que buscam produtos alimentícios de alta qualidade e versatilidade na culinária moderna (BRASIL, 2009; EAD Gourmet, 2024).

2.6 Cor

A cor desempenha um papel fundamental na percepção e aceitação dos alimentos. Estudos demonstram que a cor é um dos principais atributos sensoriais que influenciam a escolha e a avaliação dos alimentos, sendo capaz de afetar a percepção do sabor, aroma e textura (CLYDESDALE, 1993). Além disso, está diretamente relacionada à qualidade e frescor dos alimentos, sendo um indicador importante para os consumidores (FRANCIS,

1999).

A influência da cor na percepção dos alimentos é tão significativa que pode alterar a experiência sensorial completa. Por exemplo, estudos mostram que a cor vermelha é frequentemente associada a alimentos mais doces e saborosos, enquanto a cor verde é vinculada a alimentos mais frescos e saudáveis (AUVRAY E SPENCE, 2008). Este fenômeno ressalta a importância de se considerar a cor nos processos de fabricação e apresentação dos alimentos.

No caso de bebidas lácteas carbonatadas, a cor se torna um elemento crucial para atrair o consumidor. Um estudo publicado no *Journal of Food Science and Technology* destaca que a utilização de corantes naturais, como a polpa de pitaya, pode oferecer vantagens em termos de segurança e qualidade (KHAN *et al.*, 2018). Além de melhorar o apelo visual, os corantes naturais evitam o risco de reações adversas comumente associadas aos corantes artificiais, como alergias e intolerâncias (LANIGAN E YAMARIK, 2002).

2.6.1. Análise colorimétrica

A análise colorimétrica é uma técnica fundamental para avaliar a cor dos alimentos, influenciando diretamente na aceitação do consumidor e na qualidade do produto final (KIRK; SAWYER; EGAN, 2007). A cor é um atributo crítico, pois pode indicar mudanças químicas, físicas ou biológicas nos alimentos, sendo essencial para a indústria alimentícia monitorar e controlar esses aspectos.

A técnica de análise colorimétrica baseia-se na medição da reflexão ou transmissão da luz por uma amostra. Utilizando instrumentos como espectrofotômetros e colorímetros, é possível medir a intensidade da luz refletida ou transmitida pela amostra (WROLSTAD; DURST; LEE, 2005). Estes dispositivos fornecem dados precisos, que são cruciais para garantir a consistência e a qualidade dos produtos alimentícios ao longo do tempo.

Existem vários métodos de análise colorimétrica, cada um com suas particularidades. O método CIELAB é o mais amplamente utilizado e avalia a cor em três dimensões: L* (luminosidade), a* (vermelho-verde) e b* (amarelo-azul) (COMISSÃO INTERNACIONAL DE ILUMINAÇÃO, 1976). Similarmente, o método Hunter também avalia a cor em termos de L, a e b (HUNTER, 1958). A espectroscopia de reflexão, por sua vez, mede a reflexão da luz em diferentes comprimentos de onda, oferecendo outra abordagem valiosa para a análise de cor (WROLSTAD; DURST; LEE, 2005).

Na indústria alimentícia, a análise colorimétrica é aplicada em várias áreas

cruciais. No controle de qualidade, é utilizada para avaliar a cor de alimentos processados e frescos, assegurando a consistência e a satisfação do consumidor (KIRK; SAWYER; EGAN, 2007). No desenvolvimento de produtos, esta técnica é essencial para criar cores atraentes e uniformes, que são fundamentais para o apelo visual dos produtos (WROLSTAD; DURST; LEE, 2005). Além disso, a análise colorimétrica é empregada para detectar alterações químicas ou biológicas nos alimentos, ajudando a identificar sinais de deterioração ou contaminação (SANCHES-SILVA; COSTA; ALBUQUERQUE, 2014).

Contudo, a análise colorimétrica enfrenta alguns desafios e limitações. Fatores ambientais, como iluminação e temperatura, podem influenciar os resultados, exigindo condições controladas para medições precisas (WROLSTAD; DURST; LEE, 2005). A variabilidade das amostras também pode impactar a precisão dos resultados, necessitando de uma amostragem representativa para garantir a confiabilidade (KIRK; SAWYER; EGAN, 2007). Além disso, é fundamental que os instrumentos sejam calibrados regularmente, para assegurar a precisão das medições (COMISSÃO INTERNACIONAL DE ILUMINAÇÃO, 1976).

3. METODOLOGIA

Os ingredientes como soro e açúcar foram disponibilizados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, *Campus Bambuí*. Os demais materiais utilizados, como CO₂, pitaya e garrafas para acondicionamento da bebida, foram obtidos no comércio de Bambuí-MG. O desenvolvimento e preparo da bebida foi feito no setor de Processamento de Frutos e Hortaliças do *Campus Bambuí*.

Foram preparadas três formulações (3 diferentes tratamentos) da bebida láctea carbonatada com *Coulis* congelado e três com o *Coulis* refrigerado. As bebidas foram analisadas nos tempos 0,14,28 e 42 dias para avaliação da *shelf life*.

3.1 Preparo do *Coulis*

Inicialmente, foram realizados pré-testes, e a formulação de *coulis* selecionada (Tabela 2) foi utilizada devido à sua cor vibrante e consistência.

Os frutos de pitaya e limão (Figura 2) foram lavados em água corrente e sanitizados com uma solução de hipoclorito de sódio (10 mL para cada 10 litros de água) pelo tempo de 10 minutos, para sanitização (BRASIL, 2004). As embalagens para armazenamento do *coulis* passaram pelo mesmo processo de sanitização com hipoclorito de sódio. Todos os

utensílios utilizados no preparo foram higienizados com água e sabão neutro, enxaguados e secos naturalmente.

A polpa da pitaya foi retirada e pesada. O suco de limão foi extraído e passado por uma peneira fina para remover sementes e resíduos. Todos os ingredientes foram misturados em liquidificador industrial até a obtenção de uma mistura homogênea. Em seguida, a mistura foi transferida para uma panela e cozida em fogo médio à temperatura de 100°C por 10 minutos, mexendo ocasionalmente.

Figura 2 - Pitaya e limão utilizados para o preparo do *coulis*



Fonte: A autora, 2024

O *coulis* foi produzido em dois períodos diferentes (seguindo a mesma formulação para ambos, expressa na Tabela 2), sendo o primeiro *coulis* produzido e armazenado sob temperatura de congelamento pelo período de 6 meses (*coulis* congelado), e o segundo, produzido no dia anterior ao preparo da bebida e armazenado sob temperatura de refrigeração (*coulis* refrigerado).

Tabela 2 - Formulação do *Coulis* de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)

Ingredientes	Quantidades (g)
Polpa de pitaya	74,98
Açúcar	12,51
Suco de limão	12,51
Total ingredientes	100,00

Fonte: A autora, 2024.

O *coulis* (Figura 3) foi envasado ainda quente nas embalagens previamente higienizadas, que foram fechadas e esperou-se esfriar até atingir a temperatura ambiente. Posteriormente, os *coulis* foram armazenadas de acordo com o tratamento: um sob refrigeração a 5°C (*coulis* refrigerado), e o outro, a -8°C (*coulis* congelado).

Figura 3 - *Coulis* de Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*)



Fonte: A autora, 2024.

3.2 Preparo do soro

O soro foi obtido no Setor de Processamento de Leite do IFMG - *Campus Bambuí* e passou por um processo de pasteurização lenta antes do preparo da bebida.

Todos os utensílios utilizados para o processamento do soro foram higienizados com água e sabão neutro, enxaguados e secos naturalmente. Em seguida, as embalagens e materiais que teriam contato direto com o soro foram sanitizados em uma solução de hipoclorito de sódio (10 mL para cada 10 litros de água) pelo tempo de 10 minutos.

O soro de leite fresco, proveniente do queijo minas padrão, foi reservado e mantido refrigerado até o momento do processamento. Em seguida, passou pelo processo de desnatagem manual. A pasteurização lenta do soro foi realizada aquecendo-o lentamente até atingir a temperatura de 65°C, a qual foi mantida por 30 minutos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2023). O soro foi resfriado rapidamente, após a pasteurização, até atingir a temperatura de 4°C.

O soro foi envasado em embalagens previamente higienizadas e sanitizadas, utilizando-se um funil esterilizado. As embalagens foram fechadas, para evitar contaminação,

e armazenadas sob refrigeração a uma temperatura de 4°C, até serem utilizadas no preparo da bebida. Parte do soro foi reservada para preparar o xarope utilizado na bebida.

3.3 Preparo do xarope

Para o preparo do xarope, o soro (pasteurizado) foi concentrado em uma panela, juntamente com o açúcar, em uma proporção de 1 litro de soro para 550 gramas de açúcar, até atingir a concentração de 38°Brix.

Após este processo, o xarope foi resfriado e armazenado sob refrigeração a uma temperatura de 4°C até o momento do uso.

3.4 Formulações das bebidas lácteas carbonatadas

Inicialmente, foram realizados pré-testes para definir as proporções de ingredientes que seriam utilizados, e as formulações das bebidas que apresentaram as cores mais vibrantes e atrativas foram escolhidas para o presente estudo (tratamentos).

Foram preparados 6 diferentes tratamentos (Tabela 3), sendo 3 com o *coulis* refrigerado (todas as formulações iniciadas com 1) e 3 com o *coulis* congelado (todas as formulações iniciadas com 2).

Tabela 3 - Formulações das bebidas lácteas carbonatadas adicionadas de *coulis* de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) congelado e refrigerado.

Tratamentos	Soro(g)	Coulis(g)	Ácido cítrico(g)	Xarope(g)	Total(g)
Tratamentos com <i>coulis</i> refrigerado (Grupo 1)					
1.1	70	10	0,18	19,82	100
1.2	60	20	0,18	19,82	100
1.3	50	30	0,18	19,82	100
Tratamentos com <i>coulis</i> Congelado (Grupo 2)					
2.1	70	10	0,18	19,82	100
2.2	60	20	0,18	19,82	100
2.3	50	30	0,18	19,82	100

Fonte: A autora, 2024.

3.5 Preparo da bebida

Os ingredientes expressos na Tabela 3 (exceto o soro) foram pesados e colocados nas garrafas previamente sinalizadas e identificadas. Este processo foi realizado para todos os tratamentos. As etapas da preparação da bebida foram efetuadas de acordo com a Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma de fabricação da bebida carbonatada adicionada de *coulis* de pitaya(*Hylocereus polyrhizus*)



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

O soro resfriado passou pelo processo de carbonatação (Figura 5) por meio de injeção direta de dióxido de carbono utilizando o equipamento da marca *sodastream* e, posteriormente, foi pesado e adicionado às garrafas.

Figura 5 - Equipamento utilizado para carbonatação do soro

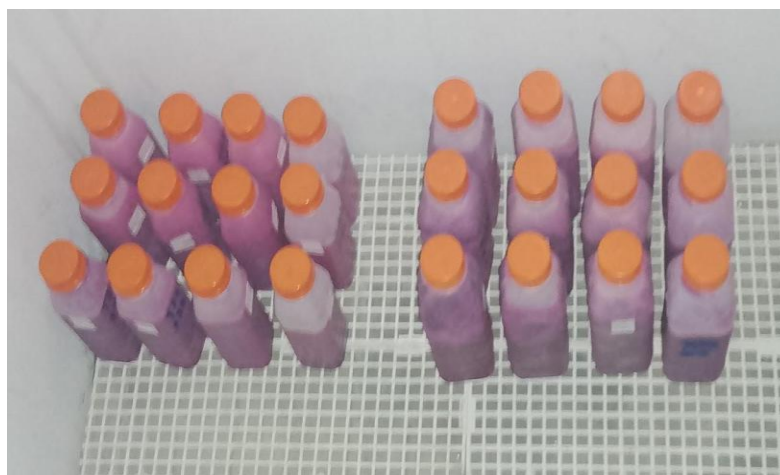


Fonte: A autora, 2024.

As garrafas foram seladas, e a mistura foi cuidadosamente homogeneizada para evitar perda de CO_2 .

As garrafas com as bebidas prontas foram armazenadas na câmara fria do Setor de Processamento de Frutos e Hortaliças à temperatura de 4°C até o momento das análises (Figura 6).

Figura 6 - Garrafas da bebida láctea carbonatada



Fonte: A autora, 2024.

3.6 Análises físico-químicas

Foram realizadas análises no *coulis* e nas bebidas. Para os *coulis* (fresco e congelado), foram feitas as análises: pH, brix, extrato seco e cinzas.

Os parâmetros CO₂, pH, brix e cor foram analisados em todos os tempos (0, 14, 28, 42 dias), para todos os tratamentos.

3.6.1 Determinação de CO₂

Utilizou-se a metodologia proposta por Ribeiro *et al.* (2008), que descreve uma técnica para a determinação de CO₂ em frascos volumétricos. Todas as massas empregadas para os cálculos foram registradas em gramas(g).

Primeiramente, os frascos volumétricos, vazios e secos, foram pesados juntamente com suas tampas herméticas, registrando esta massa como m_1 . Em seguida, foram preenchidos com a bebida carbonatada e hermeticamente fechados. Os frascos cheios foram novamente pesados, anotando-se estas massas como m_2 . A massa inicial da amostra pode ser obtida através da equação:

$$m_{\text{amostra}} = m_2 - m_1.$$

Na etapa subsequente, os frascos foram colocados em banho-maria (Figura 7), com a tampa desrosqueada, com o objetivo de liberar o CO₂ dissolvido na bebida. Este processo foi mantido até a cessação completa da liberação de bolhas de gás, garantindo que todo o CO₂ fosse liberado.

Após a liberação completa do gás, a tampa foi novamente rosqueada, e o frasco, resfriado até atingir a temperatura ambiente, sendo, então, pesado novamente para se determinar a massa final (m_3). A massa de CO₂ liberada foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$m_{\text{CO}_2} = m_2 - m_3.$$

Figura 7 - Análise de CO₂ - liberação do CO₂ por meio de aquecimento em banho-maria



Fonte: A autora, 2024.

3.6.2 pH

O pHmetro (da marca MS Instrumentação - modelo mPA 210) foi calibrado com solução tampão adequada, de acordo com as instruções do fabricante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Aproximadamente 50 mL da bebida carbonatada foram transferidos para um béquer de 100 mL, e o eletrodo de vidro foi mergulhado na amostra contida no béquer até que a leitura do pH se estabilizasse, garantindo que o valor medido fosse preciso e consistente. Após a estabilização da leitura, foram registrados os valores de pH obtidos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.6.3 Sólidos solúveis totais (SST)

O refratômetro da marca *Milwaukee* modelo MA871 (Figura 8) foi calibrado para garantir a precisão das medições. Para isso, uma gota de água destilada foi aplicada sobre a superfície do prisma do refratômetro e a leitura foi ajustada para zero, conforme as instruções do fabricante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Figura 8 - Refratômetro de bancada utilizado para análise de sólidos solúveis totais



Fonte: A autora, 2024.

Uma pipeta de Pasteur foi utilizada para transferir a amostra para a superfície do prisma do refratômetro de forma que a amostra se espalhasse por toda a superfície do prisma, evitando leituras incorretas. A leitura foi realizada, e o valor correspondente ao índice de refração da amostra foi registrado. Este valor é diretamente proporcional à concentração dos sólidos solúveis totais na amostra (expressa em °Brix). A análise foi realizada segundo metodologia descrita por INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.6.4 Extrato seco total

Inicialmente, o cadinho de porcelana foi seco na estufa (ajustada a 105°C) para remover qualquer umidade residual. Após a secagem, foi transferido para um dessecador utilizando-se uma pinça de metal e deixado esfriar até atingir a temperatura ambiente. Em seguida, o cadinho seco foi pesado em uma balança analítica para se obter sua massa (m_1). A amostra de bebida carbonatada foi adicionada ao cadinho, e o valor da massa total do conjunto (cadinho + amostra) foi registrado (m_2). A massa inicial da amostra foi, portanto, determinada pela diferença: amostra = $m_2 - m_1$. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O cadinho contendo a amostra foi colocado na estufa, ajustada a 105°C. A amostra permaneceu na estufa até atingir peso constante, indicando que toda a água foi evaporada. Este processo levou, aproximadamente, 7 horas. Após a secagem completa, o cadinho foi retirado da estufa utilizando-se a pinça de metal e transferido imediatamente para o dessecador, onde esfriou até atingir a temperatura ambiente. Em seguida, o cadinho com a amostra desidratada foi pesado em uma balança analítica para a obtenção da massa final (m_3) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O extrato seco total (SST) foi calculado com base na perda de massa da amostra $SST = m_3 - m_2$. A análise foi realizada segundo metodologia descrita por INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). Para garantir a precisão e a reprodutibilidade dos resultados, o procedimento foi realizado em duplicata.

3.6.5 Cinzas

Inicialmente, um cadinho com uma quantidade conhecida da amostra (já desidratada, proveniente da análise do extrato seco total) foi pesado utilizando-se uma balança analítica, registrando-se a massa inicial da amostra (m_1) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). A massa m_1 representa o peso do cadinho + amostra.

O cadinho com a amostra foi colocado na mufla, ajustada a uma temperatura de 550°C. A amostra foi incinerada até a obtenção de cinzas brancas, indicando, assim, a completa combustão dos componentes orgânicos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Após a incineração completa, o cadinho foi retirado da mufla utilizando-se uma pinça de metal e transferido imediatamente para um dessecador, onde esfriou até atingir a temperatura ambiente, evitando, desse modo, a absorção de umidade do ar (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Após o resfriamento, o cadinho contendo as cinzas foi pesado utilizando-se uma balança analítica, determinando-se a massa final (m_2) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de cinzas foi calculado por meio da fórmula: Cinzas= $m_2 - m_1$ (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Para garantir a precisão e a reprodutibilidade dos resultados, o procedimento foi realizado em duplicata.

3.6.6 Colorimetria

A análise de cor foi realizada de acordo com os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). A leitura direta da reflectância no sistema de coordenadas retangulares (L, a, b) foi feita utilizando-se o colorímetro NR 60 CP-3nh. No sistema CIELAB, L representa a luminosidade, variando de preto ($L^* = 0$) a branco ($L^* = 100$), a^* indica a intensidade da cor vermelha ao verde, e b^* varia do amarelo ao azul (DUARTE, 2022).

Para avaliar as diferenças de cor entre os diferentes tratamentos (bebidas à base de *coulis* refrigerado e *coulis* congelado) ao longo do tempo, as medições foram realizadas em quatro tempos diferentes: 0, 14, 28 e 42 dias. As coordenadas de cor CIELAB (L, a, b^*) foram obtidas para cada formulação e tempo. As formulações foram comparadas entre si, em cada tempo, calculando-se as diferenças de cor (ΔE), para determinar a significância das variações observadas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Para cada formulação, foram calculadas as médias das coordenadas L, a e b^* a partir das repetições (r_1 e r_2). As diferenças de cor (ΔE) foram, então, calculadas entre essas médias para todas as combinações de formulações dentro de cada tempo.

Para os cálculos, a seguinte fórmula foi utilizada:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$$

Onde:

ΔL é a diferença na coordenada de luminosidade entre duas amostras;

Δa é a diferença na coordenada de cor vermelho-verde entre duas amostras;

Δb é a diferença na coordenada de cor azul-amarelo entre duas amostras.

Para interpretar os valores de ΔE , utilizou-se a seguinte classificação:

1. $\Delta E < 1$: Diferença de cor insignificante, geralmente, não perceptível ao olho humano (WYSZECKI e STILES, 2000).
2. $1 \leq \Delta E < 2$: Diferença de cor muito pequena, ligeiramente perceptível em condições ótimas de iluminação e para observadores treinados (LUO, CUI E RIGG, 2001).
3. $2 \leq \Delta E < 3$: Diferença de cor pequena, perceptível por observadores atentos, especialmente em condições controladas (HUNTERLAB, 2008).
4. $3 \leq \Delta E < 5$: Diferença de cor média, facilmente perceptível e potencialmente significativa, dependendo da aplicação (WYSZECKI e STILES, 2000).
5. $\Delta E \geq 5$: Diferença de cor grande, claramente perceptível e geralmente considerada significativa em todas as aplicações (LUO, CUI E RIGG, 2001).

3.7 Análises microbiológicas

Inicialmente, foram feitas análises microbiológicas na matéria-prima utilizada para o preparo da bebida (soro, *coulis* congelado e *coulis* refrigerado) para garantir a qualidade da bebida carbonatada. Para o soro, foram feitas as análises de bolores e leveduras, *Salmonella*, contagem de coliformes totais e termotolerantes, contagem de bactérias aeróbias mesófilas e *Staphylococcus*. Para os *coulis* (refrigerado e congelado), foram realizadas as análises: bolores e leveduras e contagem de coliformes totais e termotolerantes.

As análises das bebidas foram realizadas ao longo de 42 dias (tempos 0, 14, 28 e 42). Efetuaram-se as análises: bolores e leveduras e contagem de coliformes totais e termotolerantes.

Todas as análises foram realizadas utilizando-se *petrifilm* 3M com o meio de cultura adequado para cada análise, destacando-se que foram executadas em triplicata.

Inicialmente, os materiais utilizados para as análises foram esterilizados em autoclave (15 minutos a 121°C), e a superfície onde a análise foi realizada foi limpa com álcool 70%.

As amostras foram diluídas até atingirem uma concentração adequada para análise (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}). A inoculação da amostra no *Petrifilm* 3M foi feita sob condições assépticas rigorosas para evitar contaminação cruzada (3M, 2024). Utilizando-se uma pipeta estéril, 1 mL de cada diluição foi transferido para o centro da placa, que foi cuidadosamente fechada, e

a amostra foi espalhada uniformemente com o auxílio do difusor, evitando a formação de bolhas de ar que pudessem interferir na leitura (3M, 2024).

3.7.1 Bolores e leveduras

Neste processo, empregou-se a metodologia utilizada segundo Araújo *et al.* (2006) e Menezes e Purgatto (2016).

As placas de *Petrifilm* 3M foram incubadas em uma estufa a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 7 dias (ARAÚJO *et al.*, 2006). Este intervalo é necessário para que os bolores e leveduras presentes na amostra possam crescer e formar colônias visíveis (MENEZES E PURGATTO, 2016). Após o período de incubação, as placas foram retiradas da incubadora e analisadas (ARAÚJO *et al.*, 2006). A contagem das colônias foi feita utilizando-se um contador de colônias (MENEZES E PURGATTO, 2016).

As colônias de leveduras, geralmente, apresentam-se pequenas e lisas, enquanto as colônias de bolores tendem a ser maiores e de textura filamentosa (MENEZES E PURGATTO, 2016). A contagem foi registrada em unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC/mL) da amostra (ARAÚJO *et al.*, 2006).

3.7.2 *Salmonella* sp.

As placas foram incubadas em uma incubadora regulada a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 horas (APHL, 2024). A presença do microrganismo na amostra é observada pelo desenvolvimento de colônias características de *Salmonella* na superfície do *Petrifilm*, permitindo sua identificação (APHL, 2024). Após o período de incubação, as placas foram retiradas da incubadora para a leitura dos resultados. A contagem das colônias foi feita utilizando-se um contador de colônias (APHL, 2024) Deve-se observar e contar as colônias características de *Salmonella*, as quais, geralmente, apresentam uma coloração distinta que facilita a identificação (ASSOCIATION OF PUBLIC HEALTH LABORATORIES (APHL), 2024).

Os resultados foram registrados em unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC/mL) (APHL, 2024).

3.7.3 Contagem de coliformes totais e termotolerantes

Neste procedimento, a metodologia utilizada segundo Raddatz e Krambeck (2021) foi seguida rigorosamente.

Para verificar se há presença de coliformes (Totais) na amostra, as placas foram incubadas a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Caso a amostra estivesse contaminada, os coliformes presentes desenvolveriam colônias características, permitindo sua identificação e contagem (RADDATZ e KRAMBECK, 2021).

Para a contagem de coliformes termotolerantes, as placas *Petrifilm* foram incubadas a $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Essa temperatura seletiva favorece o crescimento de coliformes termotolerantes, inibindo o crescimento de outras bactérias (GONÇALVES, 2018).

Após o período de incubação, as placas foram retiradas da incubadora para a leitura dos resultados. Por meio de um contador de colônias, verificou-se se houve desenvolvimento de colônias características de coliformes na placa. As colônias de coliformes totais, geralmente, aparecem em tons de vermelho a rosa, enquanto as colônias de coliformes termotolerantes são distinguíveis pela temperatura de incubação (SARTORI, 2019).

Após o período de incubação, os resultados foram registrados em unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC/mL) da amostra original, considerando-se as diluições realizadas (GONÇALVES, 2018).

3.7.4 Contagem de bactérias aeróbias mesófilas

Para esta análise, seguiu-se a metodologia utilizada segundo Raddatz e Krambeck (2021) rigorosamente.

As placas *Petrifilm* foram incubadas em uma incubadora regulada a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 48 horas. Durante a incubação, caso a amostra estivesse contaminada, as bactérias aeróbias mesófilas presentes nela cresceriam e formariam colônias visíveis na superfície do *Petrifilm* (GONÇALVES, 2018).

Após o período de incubação, utilizando-se um contador de colônias, foi analisado se houve o desenvolvimento de colônias na placa. Os resultados foram registrados em UFC por mililitro (UFC/mL) (RADDATZ e KRAMBECK, 2021).

3.7.5 *Staphylococcus aureus*

Neste processo, empregou-se a metodologia utilizada segundo preconizado por Neogen (2021).

As placas foram incubadas em uma incubadora regulada a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 a 48 horas. No caso de contaminação, desenvolvem-se colônias visíveis na superfície do *Petrifilm*.

Após o período de incubação, utilizando-se uma contadora de colônias, verificou-se se houve crescimento de colônias características de *Staphylococcus* na placa (essas colônias apresentam uma coloração distinta que facilita a identificação). Os resultados foram registrados em UFC por mililitro (UFC/mL) (NEOGEN, 2021).

3.8 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do *software* R, com um nível de significância de 1%. Esse rigoroso critério estatístico assegura que as diferenças observadas entre os tratamentos são estatisticamente significativas, indicando alta confiabilidade dos resultados. Os achados detalhados dessas análises estão apresentados no apêndice A, proporcionando uma compreensão clara e precisa das variações observadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram médias maiores no teor de sólidos solúveis e EST no *coulis* refrigerado em relação ao *coulis* congelado de pitaya e teores médios de cinzas, e pH maior no *Coulis* congelado (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros analisados do *Coulis* congelado e refrigerado utilizado na saborização da bebida láctea carbonatada

Parâmetros analisados	<i>Coulis</i> refrigerado	<i>Coulis</i> congelado
pH	4,28	4,38
SST (°Brix)	24,4	16,6
EST (g/100g)	74,84	71,22
Cinzas (g/100g)	0,10	0,13

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

O *coulis* congelado apresentou valores médios de pH de 4,20 a 4,38% de pH, 24,4 a 16,6 (°Brix SST. 79 a 71% EST e 0,1 a 0,13% de cinzas, respectivamente). LOPES *et al.* (2009) citam valores médios para a polpa da pitaya; logo após sua extração, foram: 0,43% ($\pm 0,021$) de cinzas; 11,5°Brix; pH de 5,60.

4.1 Avaliação da estabilidade físico-química durante a estocagem

A bebida elaborada apresentou pH entre 4 e 4,94 no tempo zero de armazenamento, apresentando diferenças estatísticas significativas entre os dois tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise do pH durante o armazenamento da bebida láctea carbonatada adicionada de *coulis* de pitaya

	Grupo 1*			Grupo 2*		
	1	2	3	1	2	3
0	4,94a	4,80a	4,58b	4,305c	4,13cd	4,05d
14	4,82a	4,74a	4,39b	4,29bc	4,15cd	4,05d
28	4,91a	4,80a	4,40b	4,43b	4,21c	4,02d
42	4,11c	4,34b	4,58a	4,34b	3,99c	3,68d
CV (%):	1,33					

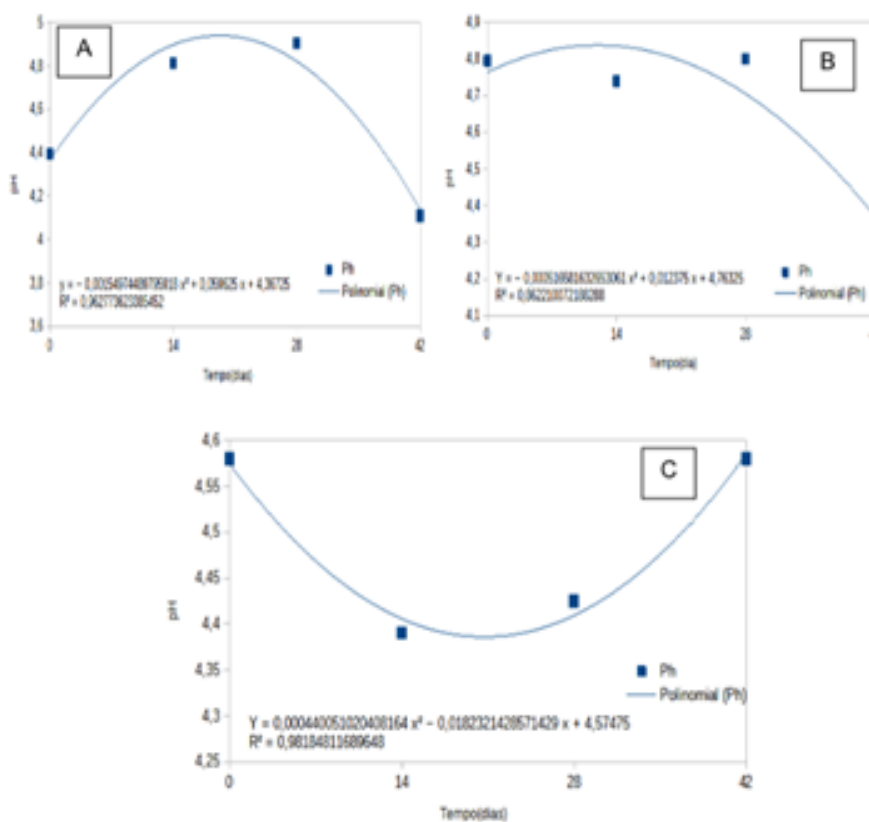
*Médias seguidas de letras distintas na linha (horizontal) diferem pelo Teste de Tukey a 1% de probabilidade

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Para os tempos de estocagem 0, 14 e 28 dias, respectivamente, as bebidas fabricadas com as formulações de *coulis* de pitaya refrigerado 1.1 e 1.2 registraram maiores valores de pH. Para o tempo de estocagem de 42 dias, a bebida 1.3 registrou maior valor de pH.

Dentro do tratamento 1.1, os dados ajustaram-se ao modelo quadrático (Figura 9 A, B e C).

Figura 9 - pH em função do tempo dentro do tratamento 1.1 (A); tratamento 1.2 (B) e tratamento 1.3 (C).



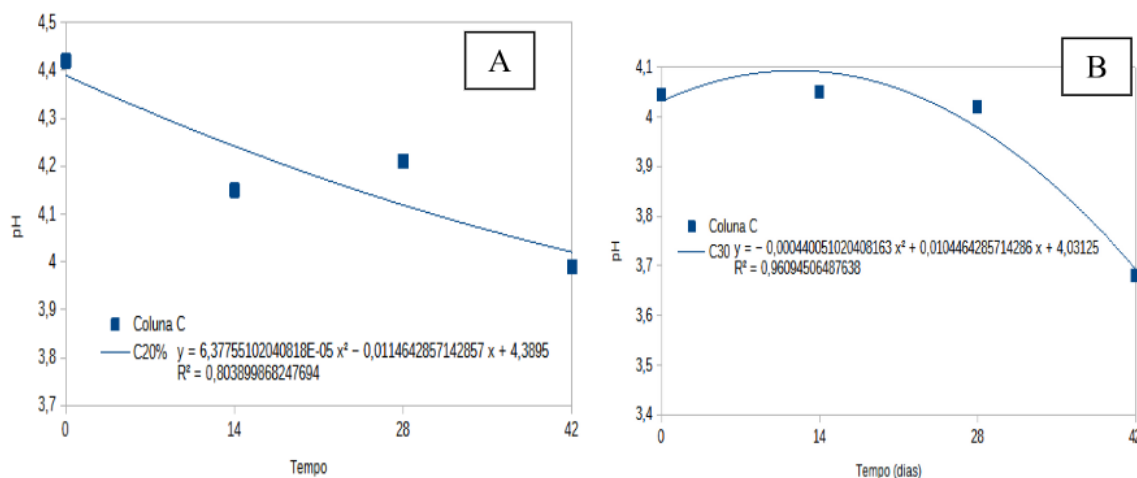
Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

De acordo com as informações expressas (Figura 9 A), espera-se que a bebida fabricada com *coulis* refrigerado (Tratamento 1.1) registre o maior valor de pH aproximadamente aos 19,86 dias; a bebida fabricada com *coulis* de pitaya refrigerado 1.2, aproximadamente aos 12,4 dias; e a bebida fabricada com *coulis* refrigerado 1.3, aproximadamente aos 22,75 dias.

Dentro do tratamento 2, na formulação 1, para os tempos 0 e 14 e para os tempos 28 e 42 dias, de acordo com o teste F, as médias são estatisticamente iguais.

No tratamento 2, os dados ajustaram-se ao modelo quadrático (Figura 10 A) e no caso do tratamento 2.2 (polinomial de grau 2) (Figura 10B).

Figura 10 - pH em função do tempo dentro do tratamento 2.2 (A); tratamento 2.3 (B).



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

O valor do pH para a bebida fabricada com *coulis* congelado 2.2 apresentou um comportamento quadrático (polinomial de grau 2).

$$y = 0,000063x^2 + 0,011143x + 4,3895; R^2 = 80,38\%$$

Espera-se que a bebida fabricada com formulação de *coulis* congelado, concentração de 30%, registre o maior valor de pH aproximadamente aos 13 dias.

Nos tempos 0, 14 e 28 dias, os tratamentos do 1.1 e 1.2 são estatisticamente semelhantes entre si, mas diferentes do tratamento 1.3 e das amostras do tratamento 2. Aos 14 e 28 dias, as amostras dos tratamentos 1.3 e 2.1 são estatisticamente semelhantes, e no tempo de 42 dias de armazenamento, os tratamentos 1.2 e 2.1 são estatisticamente semelhantes entre si. O tratamento 2.2 mostrou-se similar aos tratamentos 2.1 e 2.3 aos 0 e 14 dias, e aos 28 e 42 dias, todas as amostras do tratamento 2 diferiram entre si.

A resolução RDC n.º 18, de 27 de abril de 2010, da ANVISA, e a Instrução Normativa n.º 16, de 23 de agosto de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), não trazem definições de valores de pH para as bebidas hidroeletrólíticas e bebidas lácteas, respectivamente (BRASIL, 2010; BRASIL, 2005). Segundo Silva (2020), pH inferiores a 7 para bebidas lácteas são ideais para a manutenção da estabilidade microbiológica da bebida, uma vez que limitam o crescimento da maioria dos microrganismos.

A manutenção do pH adequado ao longo do armazenamento é um indicador crucial de estabilidade e qualidade em bebidas. Neste estudo, todos os tratamentos

apresentaram pH adequado para a conservação da bebida, de acordo com o trabalho de Silva (2020), sendo que a média do Grupo 2 foi de 4,15 (ficando entre 3,68 e 4,43) e a média do Grupo 1 foi de 4,64 (ficando entre 4,11 e 4,94). Chang e Zhang (1992) apontaram que o CO₂ dissolve-se em forma de ácido carbônico, ajudando a diminuir o pH em alimentos e bebidas, o que favorece a conservação.

Em um estudo análogo, Jardim (2012) demonstrou que o pH em bebidas lácteas carbonatadas à base de morango apresentou um valor inicial de 4,0 e permaneceu estável, em torno de 3,9, durante 30 dias (valores ligeiramente menores do que os resultados encontrados neste estudo). Entretanto, o presente trabalho expandiu o período de análise para 42 dias, apresentando, neste período, resultados satisfatórios.

Durante a avaliação do *shelf life*, observou-se que, nos diferentes tempos de armazenamento, as amostras das formulações apresentaram diferenças significativas em relação aos parâmetros sólidos solúveis (Tabela 6).

Tabela 6 -Avaliação dos sólidos solúveis durante o tempo de armazenamento da bebida láctea carbonatada adicionada de *coulis* de pitaya refrigerado (Grupo 1) e congelado (Grupo 2).

	Grupo 1*			Grupo 2*		
Armazenamento	1	2	3	1	2	3
0	15,35c	16,15b c	18,05a	15,75b c	16,45b	18,1a
14	13,85d	16,2c	18,05b	16,1c	17,95b	20,15a
28	15,05d	17,45c	18,55b	14,95d	17,25c	20,45a
42	15,2d	17c	18,45b	15,8d	16,85c	21,9a
CV (%):	1,79					

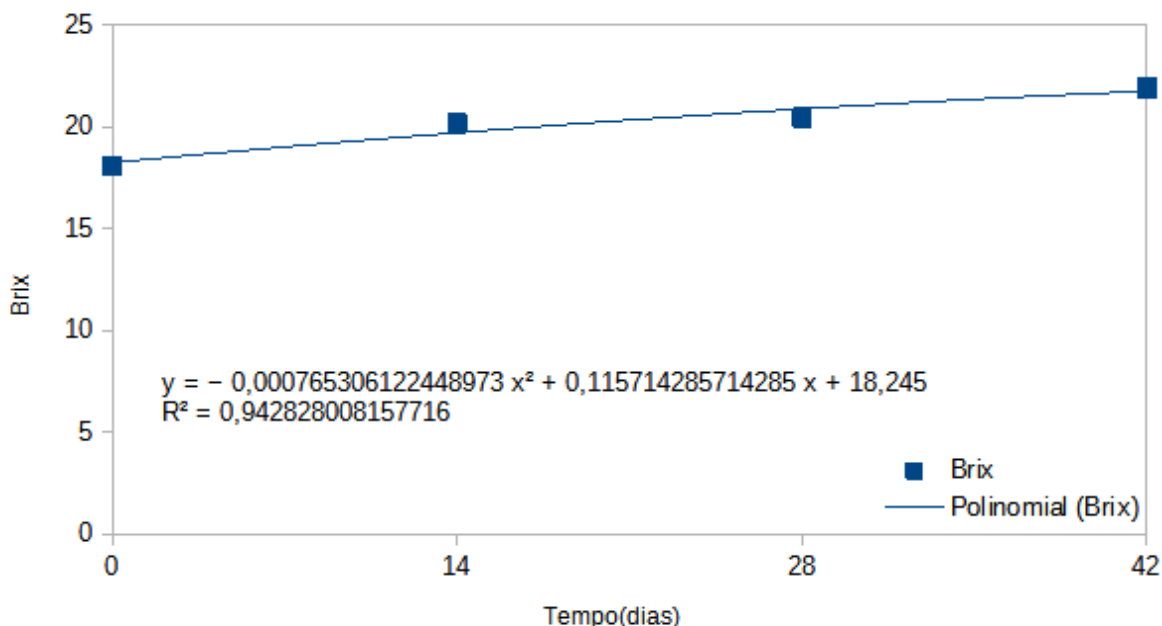
Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

*Médias seguidas de letras distintas na linha (horizontal) diferem pelo Teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os tratamentos 1.1, 1.2, 1.3, 2.1 e 2.2 apresentaram diferenças significativas ao longo do tempo de armazenamento, mas seus respectivos dados não se ajustaram a nenhum modelo disponível.

O comportamento do tratamento 2.3 ao longo do tempo está detalhado na Figura 11.

Figura 11 - Sólidos solúveis (°Brix) em função do tempo dentro do tratamento 2.3.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

De acordo com as informações expressas na Figura 11, tem-se:

$$y = 0,0836x + 18,395;$$

Assim, a cada dia que transcorre do período de armazenamento, espera-se um aumento de 0,0836°Brix na bebida fabricada com polpa congelada com concentração de 30%.

No tempo 0 do tratamento 1, as médias de sólidos solúveis, para todas amostras, foram estatisticamente semelhantes entre si (sendo que as amostras dos tratamentos 1.2 e 1.3 também foram semelhantes às dos tratamentos 2.1 e 2.2), mas, nos demais tempos, todos os tratamentos deste grupo diferiram entre si. E para as amostras dos tratamentos 2.1 e 2.2, as médias foram semelhantes entre si no tempo 0. Nos demais tempos, todas as médias das amostras dos diferentes tratamentos, nos tempos analisados, diferiram entre si.

Essas diferenças podem ser justificadas por diversos fatores. Primeiramente, a carbonatação da bebida pode ter influenciado a concentração de sólidos solúveis. Como mencionado por Mizuno *et al.* (2017), o dióxido de carbono pode formar ácido carbônico, o que altera a solubilidade de alguns componentes da bebida. Isso pode explicar as variações observadas ao longo do armazenamento.

O pH da bebida também desempenha um papel crucial, pois bebidas com pH mais

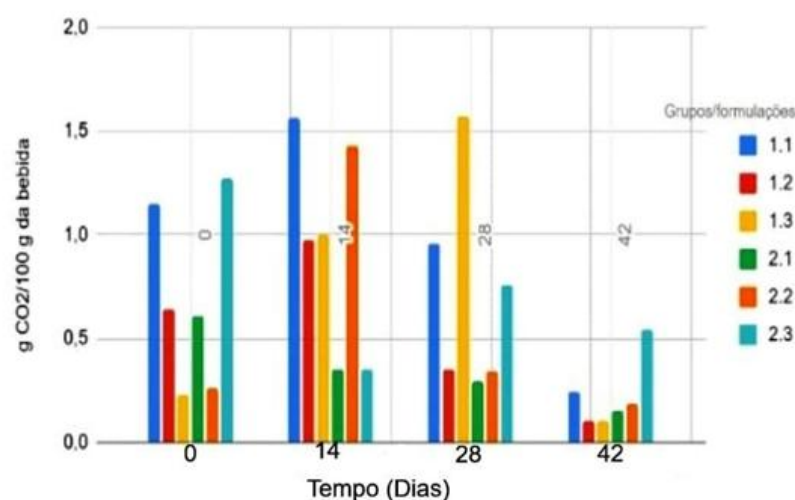
baixo (mais ácidas) tendem a ter maior solubilidade de certos componentes, resultando em variações nos sólidos solúveis durante o armazenamento. Estudos como o de Silva *et al.* (2017) apontam que a acidez pode afetar a estabilidade e a interação dos ingredientes na bebida, influenciando a concentração de sólidos solúveis.

Além disso, a utilização de *coulis* congelado ou refrigerado pode ter contribuído para as variações observadas. O *coulis* refrigerado pode conter enzimas ativas que continuam a atuar durante o armazenamento, enquanto o *coulis* congelado apresenta uma menor atividade enzimática devido ao processo de congelamento. Nakayama (2020) destaca que o congelamento preserva compostos sensíveis e reduz a atividade metabólica inicial, prevenindo alterações químicas que poderiam ocorrer com o uso de ingredientes frescos. Essas informações corroboram a importância do processamento adequado dos ingredientes para a estabilidade do produto final.

4.1.1 Análise do CO₂ durante o armazenamento

Os resultados mostram a quantidade de CO₂ por 100 gramas da bebida (g CO₂/100g) durante o tempo de armazenamento (Figura 12).

Figura 12 - Quantidade de CO₂ das formulações durante o período de armazenamento



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

A carbonatação de bebidas de alta viscosidade exige equipamentos mais sofisticados, o que limitou o processo de produção da bebida desenvolvida, ocorrendo grandes variações da concentração de CO₂ (Figura 13) na bebida. O grupo 1 apresentou, para as formulações 1, 2 e 3, as concentrações médias (entre os tempos) de 0,978; 0,5167 e 0,7247 g CO₂/100 gramas de bebida, respectivamente. Já o grupo 2 evidenciou, para as formulações, 1, 2 e 3 médias de 0,3535; 0,554 e 0,7517 g CO₂/100 gramas de bebida, respectivamente.

A variabilidade dos dados referentes à concentração de CO₂ foi muito alta, o que inviabiliza a inferência estatística destes dados (CV:91,02%). Entretanto, percebeu-se, nas condições de desenvolvimento do trabalho, que as formulações dos Grupos 1 e 2 apresentaram variações de CO₂ nos diferentes tempos de armazenamento e que todas reduziram no tempo de 42 dias.

Ainda assim, os efeitos benéficos do CO₂ para a manutenção da qualidade geral da bebida são notáveis, como podemos ver com os resultados das análises microbiológicas, físico-químicas e colorimétricas. Estudos similares, como o de Paula (2005), indicam que a carbonatação contribui para prolongar a vida útil de bebidas à base de soro de leite ao minimizar a perda de gás e suas funções estabilizadoras.

Outro possível fator para os resultados observados é a escolha da embalagem, já que, de acordo com Silva (2019), "embalagens de polietileno de alta densidade (HDPE) e polietileno tereftalato (PET) apresentam uma permeabilidade ao CO₂ significativamente maior do que as embalagens de vidro". Isso ocorre devido à estrutura molecular dos polímeros plásticos, que permitem a passagem de gases com mais facilidade (SANTOS, 2020). Por outro lado, as embalagens de vidro oferecem uma barreira quase impermeável ao CO₂, garantindo melhor manutenção da carbonatação das bebidas (ROCHA, 2018), sendo, possivelmente, uma escolha mais adequada. A possibilidade de se utilizar outro método de carbonatação, adequado para misturas com alta viscosidade, também deve ser analisada.

Segundo Tomasula *et al.* (1999), a retenção de gás está diretamente relacionada à composição dos ingredientes e ao processamento, com ingredientes processados a frio, como *coulis* congelado, apresentando menor reatividade.

4.1.2 Análise de cor

O tempo de armazenamento influenciou as coordenadas de cor vermelho-verde (a), luminosidade (L) e intensidade da cor (C) nas bebidas lácteas carbonatadas em comparação ao tratamento do *coulis* por congelamento (T0) com o *coulis* natural (Tabela 7).

Tabela 07 - Tabela de cor da bebida carbonatada adicionada de *coulis* congelado e refrigerado para diferentes formulações e períodos de armazenamento.

Tratamento	L*			
	Tempo (dias)			
Grupo 1	0	14	28	42
1	21,51	16,945	24,225	25,55
2	25,46	16,435	18,3	23,445
3	15,22	16,235	17,86	23,555
Grupo 2	0	14	28	42
1	18,945	22,84	23,875	25,015
2	18,465	23,11	23,99	25,2
3	17,125	32,43	16,335	21,95
Tratamento	a*			
	Tempo (dias)			
Grupo 1	0	14	28	42
1	15,215	18,585	12,2	15,28
2	5,865	16,01	22,17	12,94
3	22,045	19,1	20,145	14,23
Grupo 2	0	14	28	42
1	22,445	7,285	8,88	15,5
2	21,965	-4,68	-2,995	16,07
3	23,545	14,47	14,955	5,01
Tratamento	b*			
	Tempo (dias)			
Grupo 1	0	14	28	42
1	2,395	0,185	2,43	-1,63
2	7,115	2,105	-0,06	-0,18
3	2,685	0,84	1,05	-0,7
Grupo 2	0	14	28	42
1	4,24	3,535	4,68	-0,6
2	4,05	8,11	8,16	-2,255
3	2,58	0,85	1,41	1,84
Tratamento	c*			
	Tempo (dias)			
Grupo 1	0	14	28	42
1	15,405	18,59	12,44	15,365
2	10,005	16,15	22,17	12,94
3	22,22	19,12	20,17	14,245
Grupo 2	0	14	28	42
1	21,385	8,13	10,04	15,51
2	22,335	9,36	8,69	16,23
3	23,685	14,495	15,025	5,34

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

No tempo 0, todas as formulações do grupo 2 apresentaram ΔE abaixo de 3 ao serem comparadas entre si, indicando diferença de cor pequena, perceptível apenas para observadores atentos (sendo este o critério para definir se a cor é significativamente diferente). Todas as formulações do grupo 1 apresentaram diferenças consideráveis entre si, apresentando ΔE acima de 3. A formulação 1.3 mostrou-se semelhante à formulação 2.3, apresentando ΔE abaixo de 3.

No tempo 14, a formulação 1.1 se mostrou semelhante às formulações 1.3 e 2.3; a formulação 1.2 foi semelhante apenas à 2.3, e a formulação 1.3, similar às formulações 2.1, 2.2 e 2.3. Já a 2.1 foi semelhante às formulações 2.2 e 2.3.

No tempo 28, todas as formulações do grupo 2 se mostraram semelhantes entre si, diferindo das formulações do Grupo 1, as quais diferiram entre si.

No tempo 42, a formulação 1.1 se mostrou semelhante às formulações 2.1 e 2.2; a 1.2 foi semelhante à formulação 1.3, e a formulação 2.1 foi semelhante à formulação 2.2.

A preservação da cor é essencial para a aceitação sensorial de bebidas. O sistema CIELAB, desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), é uma das formas mais precisas e consistentes de medir diferenças de cor percebidas. Ele permite uma quantificação objetiva e padronizada das variações de cor, o que é crucial para a comparabilidade entre estudos (Comissão Internacional de Iluminação, 1976). De modo geral, podemos observar que as formulações do Grupo 2 apresentaram a cor mais estável, sendo mais semelhantes entre si e apresentando menores variações visuais de cor ao longo do tempo de armazenamento. A formulação 2.2 apresentou a menor diferença de cor ao longo do tempo de armazenamento, indicando excelente preservação da coloração ao longo de 42 dias.

Estudos de Khan *et al.* (2018) ressaltam que a carbonatação protege pigmentos naturais, como as betalaínas da pitaya, ao minimizar a exposição ao oxigênio dissolvido.

Mello (2014) também relatou que as betalaínas mantêm maior estabilidade em sistemas ácidos, o que foi confirmado no presente estudo pela retenção da cor nas formulações mais ácidas do Grupo 2. Esses achados reforçam a viabilidade da pitaya como corante natural em bebidas funcionais.

A degradação da cor foi mais evidente no Grupo 1, que utilizou *coulis* fresco. Nakayama (2020) ressalta que o congelamento é uma técnica eficaz para preservar a estabilidade de pigmentos naturais, minimizando a atividade de enzimas que poderiam degradar compostos como as betalaínas. Esses resultados destacam o impacto positivo do processamento adequado dos ingredientes na qualidade final do produto.

O presente estudo apresenta resultados consistentes com trabalhos anteriores que

exploraram bebidas carbonatadas à base de soro de leite e outros ingredientes funcionais. Paula (2005) demonstrou que o CO₂ estabiliza parâmetros físico-químicos e sensoriais, especialmente em bebidas lácteas acidificadas. De forma semelhante, Jardim (2012) destacou que a carbonatação prolonga a vida útil microbiológica de bebidas lácteas, alinhando-se aos achados deste trabalho.

No contexto de pigmentos naturais, Khan *et al.* (2018) e Nakayama (2020) identificaram as betalaínas como alternativas promissoras para substituir corantes artificiais, oferecendo maior segurança alimentar e benefícios antioxidantes. Este estudo contribui ao validar a pitaya como fonte de cor em uma matriz carbonatada, reforçando sua estabilidade em sistemas ácidos e refrigerados (Figura 13).

Figura 13: - Registro fotográfico dos diferentes tratamentos 1.1(A),1.2(B),1.3(C),2.1(D),2.2(E) e 2.3(F)



Fonte: A autora, 2024.

4.1.2.1 Análise comparativa e justificativa das melhores formulações

Este estudo avaliou a viabilidade de diferentes formulações de bebidas lácteas carbonatadas, utilizando soro de leite e pitaya como corante natural. A análise comparativa entre as formulações mostrou que, de modo geral, o Grupo 2 apresentou desempenho superior ao grupo 1, obtendo o melhor desempenho global, destacando-se pelas características físico-químicas mais preservadas ao longo do armazenamento.

O Grupo 2 revelou, de forma geral, valores de pH e sólidos solúveis menores que no grupo 1, maior estabilidade colorimétrica e maior estabilidade microbiológica, que foi evidenciada pelo crescimento de bolores e leveduras na formulação 1.1 a partir do 28º dia, enquanto as outras formulações mantiveram-se microbiologicamente estáveis. Dessa forma, podemos considerar que a adição de CO₂ foi um fator crucial para a preservação da acidez e

da cor da bebida durante os 42 dias de análise.

Além disso, as análises colorimétricas revelaram que o Grupo 2 apresentou as menores variações de cor (apresentando ΔE abaixo de 3 para várias formulações), sugerindo que a carbonatação ajudou a preservar a coloração da pitaya, o que está de acordo com a literatura, que associa a presença de CO_2 à preservação de cor em alimentos, especialmente em produtos à base de frutas (KHAN *et al.*, 2018). O pH das formulações foi outra variável importante, com o grupo 2 demonstrando a menor média no pH ao longo do armazenamento, sugerindo que o CO_2 desempenha um papel importante na manutenção do equilíbrio ácido-base das bebidas.

Considerando os dados discutidos anteriormente, podemos considerar que as formulações do grupo 2 são as mais adequadas para desenvolvimento futuro, destacando-se a formulação 2.2, principalmente devido à sua cor estável e suas características físico-químicas equilibradas.

4.1.3 Análises microbiológicas

Os resultados das análises microbiológicas das bebidas carbonatadas estão expressos na Tabela 8:

Tabela 8 - Análises microbiológicas de bebidas carbonatadas

Tratamento	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	Bolores e leveduras
Tempo 0			
1.1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
1.2	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
1.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.2	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
Tempo 14			
1.1			<10 ¹
1.2	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
1.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.2	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
Tempo 28			

1.1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
1.2	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
1.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.2	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
Tempo 42			
1.1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
1.2	4x10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
1.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.2	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹
2.3	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Os resultados mostraram que, para as análises no soro de leite utilizado, não houve crescimento microbiano para coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras, *Salmonella* e *Staphylococcus*.

No soro utilizado para fabricação da bebida láctea carbonatada, na análise de aeróbios mesófilos, houve crescimento, apresentando leituras de 2x10¹ UFC/mL (média entre as placas, análise feita em triplicata).

Foram realizadas análises no *Coulis* refrigerado e no *Coulis* congelado, e as amostras não apresentaram crescimento de coliformes totais, coliformes termotolerantes e bolores e leveduras.

Nenhuma das formulações das bebidas carbonatadas apresentou crescimento de coliformes totais e coliformes termotolerantes em nenhum dos tempos observados neste estudo. Entretanto, no tempo de 42 dias de armazenamento, a formulação do grupo 1.2 apresentou crescimento de bolores e leveduras, revelando leituras de 4x10¹ UFC/mL. Nenhuma das demais formulações apresentou crescimento de bolores e leveduras nos tempos analisados.

Neste estudo, 5 das 6 formulações permaneceram microbiologicamente estáveis por até 42 dias, e 1 formulação permaneceu microbiologicamente estável pelo período de 28 dias. Trabalhos anteriores corroboram esse achado: Chang e Zhang (1992) mostraram que o CO₂ reduz o pH, limitando a sobrevivência de microrganismos deteriorantes em produtos líquidos. Rajagopal *et al.* (2005) também observaram que a carbonatação inibe o crescimento de bolores e leveduras em produtos lácteos refrigerados.

Além disso, Jardim (2012) avaliou uma bebida láctea carbonatada com potencial probiótico e constatou que o CO₂ contribuiu para a estabilidade microbiológica sem interferir negativamente na viabilidade dos probióticos. Embora o presente estudo não inclua probióticos, os resultados reforçam a eficácia do CO₂ como barreira microbiológica em sistemas lácteos.

Jardim (2012) relatou que o dióxido de carbono limita o crescimento de microrganismos deteriorantes em bebidas lácteas, especialmente quando combinado com temperaturas refrigeradas.

As formulações com *coulis* congelado (Grupo 2) mostraram melhor desempenho microbiológico, com ausência de crescimento microbiano ao longo do armazenamento. Oliveira *et al.* (s/n) destacam que o congelamento é uma etapa eficaz na redução de cargas microbianas iniciais, aumentando a segurança e a vida útil de alimentos processados.

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas, físico-químicas e colorimétricas sugerem a eficácia da carbonatação na preservação das características da bebida láctea ao longo do tempo de armazenamento. Além disso, a literatura confirma que a carbonatação pode atuar na preservação de compostos bioativos, como as betalaínas da pitaya, que são responsáveis pela cor do produto (NAKAYAMA, 2020).

4.3 Pontuações para melhoria em trabalhos futuros

Embora os resultados obtidos tenham sido satisfatórios, algumas melhorias podem ser implementadas em trabalhos futuros. Primeiramente, seria interessante avaliar a barreira ao CO₂ em diferentes embalagens, a fim de reduzir a perda de gás durante o armazenamento (EMBRAPA, 2010). Além disso, a sanitização e selagem das embalagens devem ser aprimoradas, especialmente para formulações com o *coulis* fresco, como a do Grupo 1.2, que demonstrou maior susceptibilidade à contaminação microbiana.

A avaliação sensorial também é um aspecto crucial que deve ser investigado em estudos futuros. A aceitação do produto por consumidores, considerando atributos como sabor, cor, textura e efervescência, é fundamental para garantir a viabilidade comercial das formulações. Outro fator relevante para futuras pesquisas seria o estudo da retenção de compostos bioativos, como as betalaínas da pitaya, ao longo do tempo, para garantir a preservação de suas propriedades antioxidantes e nutricionais.

Outros fatores importantes, que merecem investigação, são a compatibilidade de diferentes tipos de embalagem, especialmente no que se refere à preservação do CO₂ e de compostos sensíveis à luz e ao oxigênio. O impacto de processos térmicos, como

pasteurização, também deve ser considerado, uma vez que pode influenciar a estabilidade microbiológica e sensorial da bebida. Outra linha de pesquisa relevante seria a combinação de pitaya com outras frutas, como abacaxi ou limão, para explorar sinergias em termos de sabor e estabilidade do produto.

5. CONCLUSÃO

A utilização de soro de leite, um subproduto da indústria de laticínios, em conjunto com a pitaya, não apenas promove a sustentabilidade, mas também se alinha às tendências de consumo de produtos mais saudáveis e ecológicos, sendo esta combinação uma excelente candidata para aplicações comerciais e escaláveis.

Conclui-se, com base nos resultados obtidos, que as formulações do Grupo 2 são mais recomendadas para o desenvolvimento futuro, já que demonstraram boa estabilidade microbiológica e mantiveram características como cor e acidez de forma satisfatória durante o período de armazenamento. Além disso, a pitaya possui uma sazonalidade que vai de dezembro a maio (SOUZA, 2022). Durante este período, a fruta se desenvolve em ritmos diferentes, com um pé podendo ter botões, flores e frutas ao mesmo tempo (SOUZA, 2022). A utilização da polpa congelada de pitaya é vantajosa em comparação com a polpa fresca, pois permite o consumo da fruta fora da estação, garantindo a disponibilidade de seus nutrientes, antioxidantes e corantes naturais durante todo o ano (SOUZA, 2022).

Este estudo contribui de forma significativa para a inovação na indústria de bebidas lácteas, promovendo o uso de subprodutos e ingredientes naturais, alinhado às demandas do mercado por produtos mais saudáveis e sustentáveis.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Adriano Antunes de Souza et al. **Determinação dos teores de umidade e cinzas de amostras comerciais de guaraná utilizando métodos convencionais e análise térmica.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 42, n. 2, p. 13-21, 2006.

ASSOCIATION OF PUBLIC HEALTH LABORATORIES. **Isolation and Identification of Salmonella Species in Public Health Laboratories.** Disponível em: <https://www.aphl.org/aboutAPHL/publications/Documents/Isolation-Identification-Salmonella-PHLs.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2024.

AUVRAY, M.; SPENCE, C. **O efeito da cor na percepção de doçura e amargor.** *Journal of Sensory Studies*, v. 23, n. 2, p. 131-144, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 16, de 23 agosto de 2005, dispõe sobre o regulamento técnico de identidade e qualidade de bebida láctea. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 de ago., 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução - RDC nº 18, de 27 de abril de 2010, dispõe sobre alimentos para atletas. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 28 de abr., 2010.

BRASIL. Instrução Normativa nº 94, de 18 de setembro de 2020. **Padrões de identidade e qualidade para o soro de leite e o soro de leite ácido.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020.

BRASIL. **Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994.** Dispõe sobre a padronização, classificação, registro, inspeção e fiscalização da produção e comercialização de bebidas e alimentos processados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jul. 1994.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009.** Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jun. 2009.

BRASIL. **Lei nº 13.648, de 11 de abril de 2018.** Dispõe sobre a produção de polpa e suco de frutas artesanais em estabelecimentos familiares rurais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009.** Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jun. 2009.

BRASIL. **Lei nº 13.648, de 11 de abril de 2018.** Dispõe sobre a produção de polpa e suco de frutas artesanais em estabelecimentos familiares rurais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004.** Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set. 2004.

BRASIL. **Lei n.º 8.918, de 14 de julho de 1994.** Dispõe sobre a padronização, a classificação,

o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, 1994. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8918.htm>. Acesso em: 6 jan. 2025.

BRASIL. **Decreto n.º 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei n.º 8.918, de 14 de julho de 1994, e dá outras providências. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm>. Acesso em: 6 jan. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 13.648, de 11 de abril de 2018**. Altera a Lei n.º 8.918, de 14 de julho de 1994, para dispor sobre as bebidas artesanais. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Lei/L13648.htm>. Acesso em: 6 jan. 2025.

CHANG, Y.; ZHANG, H. The role of carbon dioxide in extending shelf life of liquid foods. *Journal of Food Preservation*, v. 16, p. 283-292, 1992.

CHITARRA, Maria Inez; CHITARRA, Antonio Bosco. **Sólidos solúveis (°Brix). 4. Resultados e Discussão - 1Library PT**, 2005.

CLYDESDALE, F. M. **Cor e preferência alimentar**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 33, n. 1, p. 83-96, 1993

COMISSÃO INTERNACIONAL DE ILUMINAÇÃO. **Colorimetria: Recomendações oficiais**. Paris: CIE, 1976.

CRUZ, A. G.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; MAIA, M. C. A. Innovative dairy products: Use of natural ingredients and clean label trends. *Trends in Food Science and Technology*, v. 56, p. 68-78, 2017.

CUCUÑAME, J. **A Guide to pH Measurement Theory and Practice of pH Applications Industry Environment**. Academia.edu, 2013.

CUNHA, Thiago Meurer et al. Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. Seminário: **Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.103-116, 2008. Universidade Estadual de Londrina.

DORDEVIC, L.; KOLEV, V. Refreshing beverages from whey. **Dairy Science Abstracts**, v. 29, n.8, 1966.

DUARTE, M. S. **Análise de cor de alimentos utilizando o sistema CIElab**. *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 42, n. 2, p. 123-130, 2022.

EAD GOURMET. **A arte do coulis na gastronomia moderna**. 2024. Disponível em: <<https://eadgourmet.com.br/coulis-na-gastronomia-moderna>>. Acesso em: 19 out. 2024.

EMBRAPA. **Técnicas de embalo para alimentos líquidos**. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 10 nov. 2024.

FERNANDES, L. M. S. et al. Características pós-colheita em frutos de pitaya orgânica

submetida a diferentes doses de irradiação. **Revista Biodiversidade**, Cuiabá/MT, v. 9, n. 1, 2010.

FITZSIMONS, S.; CLARKE, P.; SINGH, H. Milk protein stabilization in food systems: A review of functional properties and mechanisms. *Food Hydrocolloids*, v. 20, p. 22-28, 2006. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2005.04.016.

FRANCIS, F. J. Cor e aparência dos alimentos. *Food Science and Technology*. 2. ed. Nova York: Marcel Dekker, 1999. cap. 10, p. 221-242.

GONÇALVES, A. **Método de Análise Microbiológica de Alimentos**. 4ª ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2018.

HUNTERLAB. **Application Note: AN 07/1: CIE Lab Color Scale**. 2008.

JAMILAH, B.; MOHD ZAIRI, N.; HANANI, N. Betalains from pitaya: Stability and potential as a natural food colorant. *Journal of Food Science*, v. 76, p. C216-C221, 2011.

JARDIM, J. **Carbonatação em bebidas lácteas: Análise físico-química e microbiológica**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

JARDIM, F. B. B. Desenvolvimento de bebida láctea probiótica carbonatada: características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. 2012. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2012.

JARDIM, F. B. B. et al. Development of potential probiotic carbonated dairy beverages: physico-chemical, microbiological and sensory. *Alimentos e Nutrição*, v. 23, n. 2, p. 275-286, 2013

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6a ed. Porto Alegre: Artmed; 2005.

KARAGÜL-YÜCEER, Y.; COGGINS, P. C.; WILSON, J. C.; WHITE, C. H. Carbonated yogurt—sensory properties and consumer acceptance. *Journal of dairy science*, v. 82, n. 7, p. 1394-1398, 1999.

KHAN, M. I.; PRIYA, M.; SHAHIDI, F. Bioactive properties of betalains and their applications in food. *Journal of Food Science and Technology*, v. 55, n. 10, p. 2960-2970, 2018.

KIRK, R. S.; SAWYER, R.; EGAN, H. **Pearson's composition and analysis of foods**. Londres: Pearson Education, 2007.

LANIGAN, R. S.; YAMARIK, T. A. **Relatório final sobre a avaliação de segurança do FD&C Red No. 40**. *International Journal of Toxicology*, v. 21, n. 2, p. 1-43, 2002.

LOPES, T. F. F.; CORDEIRO, B. S.; MATTIETTO, R. A. **Caracterização físico-química de pitaia vermelha cultivada no Estado do Pará**. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 8., 2009, Campinas. Ciência de alimentos no mundo

globalizado: novos desafios, novas perspectivas. Campinas: Unicamp, 2009.

LOURENÇATO, Lucilaine . **Bebida láctea probiótica carbonatadas com sabor limão siciliano**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte , 2019.

LUO, Ming Ronnier; CUI, Guihua; RIGG, Brian. **The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000**. Color Research & Application, v. 26, n. 5, p. 340-350, 2001

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Pasteurização lenta do soro**. Brasília: MAPA, 2023.

MIZUNO, A. et al. **Impact of carbonation on the stability and sensory properties of dairy beverages**. Journal of Food Science, v. 82, n. 3, p. 739-746, 2017.

MELLO, L. M. Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya e potencial como corante natural. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n. 4, p. 824-834, 2014.

MENEZES, Elizabete W.; PURGATTO, Eduardo. **Determinação de cinzas em alimentos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016.

MORDORINTELLIGENCE. **Mercado de bebidas carbonatadas: crescimento, tendências e previsões (2023-2028)**. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/carbonated-beverage-processing-equipment-market> Acesso em: 10 de maio 2023.

NAKAYAMA, T. Pitaya as a natural colorant in food products. *Food Science & Nutrition*, v. 8, n. 3, p. 659-664, 2020.

NEUROGEN. **Placas Petrifilm Staph Express para Recuento de Staphylococcus aureus**. Disponível em: <https://www.neogen.com/categories/microbiology/petrifilm-staph-express-count-plates/>. Acesso em: 03 jan. 2024.

OLIVEIRA, Aléxia da C. et al. **Caracterização de bebida carbonatada à base de soro de leite e mosto de cevada**. São Paulo, 2023.

OLIVEIRA, E. R.; PRECZENHAK, A. P.; KLUGE, R. A. **Técnicas para conservação de frutas em pós-colheita**. Revista Campo & Negócios, 2023. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/tecnicas-para-conservacao-de-frutas-em-pos-colheita/>>. Acesso em: 19 out. 2023.

PAULA, J. C. J. de. **Elaboração e estabilidade de bebida carbonatada aromatizada à base de soro de leite**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

PAULA, J. C. J. de. **Elaboração e estabilidade de bebida carbonatada**. 2024

PAULA, Junio Cesar Jacinto de. et al. **Aproveitamento do soro de ricota na elaboração de**

bebida láctea acidificação carbonatada. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 75, n. 2, p. 105-114, abr/jun, 2020.

RADDATZ, C.; KRAMBECK, C. **Avaliação do padrão de coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e Escherichia coli em alimentos**. Revista Brasileira de Análise de Alimentos, v. 13, n. 4, p. 55-62, 2021.

RAJAGOPAL, M.; WERNER, B. G.; HOTCHKISS, J. H. Low pressure CO₂ storage of raw milk: microbiological effects. *Journal of Dairy Science*, v. 88, p. 3130-3138, 2005.

RAVINDRA, M. R.; RAO, K. J.; NATH, B. S.; RAM, C. Extended shelf life flavoured dairy drink using dissolved carbon dioxide. **J. Food Sci. Technol.**, 03 ago. 2011.

RIBEIRO, Cícero C.; AUGUSTO, Carlos R.; CUNHA, Valéria S.; PALAVRAS-CHAVES, Viviane. **Uma metodologia para a determinação de CO, CO₂ e C₃H₈**. Metrologia & Instrumentação, v. 7, p. 28-29, 2008.

ROCHA, Ana Paula. **Tecnologia de alimentos: processamento e conservação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2018.

SANCHES-SILVA, A.; COSTA, H. S.; ALBUQUERQUE, T. G. **Food additives and colorants: A review**. Journal of Food Science and Technology, v. 51, n. 9, p. 2511-2523, 2014.

SANTOS, C. A.; ALVES, J. L.; SILVA, R. B. Produção de pitaya no Brasil: aspectos econômicos e desafios tecnológicos. *Acta Horticulturae*, v. 10, p. 32-39, 2022.

SANTOS, Carlos. **Propriedades dos polímeros em embalagens de alimentos**. Porto Alegre: Editora Universitária, 2020.

SANTOS, I. R. I.; SALOMÃO, A. N. **Guia prático de Criopreservação: técnicas aplicadas à conservação de germoplasma vegetal**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2023. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1157590/1/DOC-385-Guia-pratico-de-criopreserva.-final.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2023.

SARTORI, B. **Aplicação de Metodologias Alternativas na Detecção de Microorganismos em Alimentos**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 39, n. 2, p. 145-152, 2019.

SILVA, J. M. **Estudo sobre a estabilidade microbiológica de bebidas lácteas**. *Journal de Microbiologia de Alimentos*, v. 35, n. 4, p. 201-209, 2020.

SILVA, Marcos. **Materiais de embalagem para alimentos**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora Acadêmica, 2019.

SILVA, N. M. Bebidas carbonatadas à base de soro: uma tendência? *MilkPoint*. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br>. Acesso em: 28 abril. 2023.

SILVA, R. M. et al. **pH influence on the solubility and stability of solids in dairy beverages**. LWT - Food Science and Technology, v. 84, p. 694-701, 2017.

SOUZA ARAÚJO, A. et al. **Determinação dos teores de umidade e cinzas de amostras comerciais de guaraná utilizando métodos convencionais e análise térmica**. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2006.

SOUSA, M. C.; BOSCOLO, D. R.; VALLE, R. B. **Técnicas moleculares para caracterização e conservação de plantas medicinais e aromáticas: uma revisão**. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 17, n. 3, p. 71-85, 1991. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/jpTYbQCsxDLdKGjttM6TNmF/>>. Acesso em: 19 out. 2023.

SOUZA, Roberto Luiz. **Aspectos gerais de introdução, manejo e produção de pitaya**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2022.

THONGOUPAKARN, S. **Effects of carbon dioxide on the shelf-life and quality of refrigerated dairy products**. Journal of Food Science, v. 66, n. 9, p. 1381-1385, 2001.

TOMASULA, P. M.; BOSWELL, R. T.; DUPRE, N. C. Buffer properties of milk treated with high pressure carbon dioxide. *Milchwissenschaft-Milk Science International*, v. 54, n. 12, p. 667-670, 1999.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. *Alimentos e Nutrição*, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009.

WYSZECKI, G.; STILES, W. S. *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. 2. ed. New York: Wiley, 2000.

WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin-rich whey. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 5, p. S338-S345, 2005.

3M. **Placa 3M™ Petrifilm™ para Contagem Rápida de Aeróbios**. 3M Brasil. Disponível em: https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/p/dc/v000207902/. Acesso em: 03 jan. 2024.

7.APÊNDICE A - Análises estatísticas detalhadas

As análises estatísticas realizadas neste estudo foram executadas utilizando o software R, aplicando um nível de significância de 1%. Essas análises tinham como objetivo comparar os diferentes tratamentos (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3) dentro de cada período de tempo (0, 14, 28, 42 dias).

Para a comparação dos dados de cada formulação ao longo do tempo, foi utilizada a análise de regressão, verificando-se o modelo que melhor se ajustava aos dados.

Os cálculos detalhados e os dados completos estão disponíveis no arquivo "Desenvolvimento de bebida láctea carbonatada à base de soro de leite e pitaya (Dragon fruit) - Análises estatísticas detalhadas", disponível no seguinte link: [<https://drive.google.com/file/d/1r65LlsYo6HXgLmEqz099cOo0bD4huNQL/view?usp=sharing>].