

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Aproveitamento do crioconcentrado do soro lácteo na elaboração de bebida fermentada adicionada de polpa de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg) visando a melhora das suas propriedades funcionais

Matheus Fermino Silveira

Florianópolis

2022

Matheus Fermino Silveira

Aproveitamento do crioconcentrado do soro lácteo na elaboração de bebida fermentada adicionada de polpa de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa O.Berg*) visando a melhora das suas propriedades funcionais

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Elane Schwinden Prudêncio

Coorientadora: Profa. Dra. Isabela Maia Toaldo Fedrigo

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor
Maiores informações em:
<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Matheus Fermino Silveira

Aproveitamento do crioconcentrado do soro lácteo na elaboração de bebida fermentada adicionada de polpa de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa O.Berg*) visando a melhora das suas propriedades funcionais

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 5 de dezembro de 2022.

Prof. Ana Carolina de Oliveira Costa, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Elane Schwinden Prudêncio, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Isabela Maia Toaldo Fedrigo, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carmen Maria Oliveira Müller, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Leite e Derivados e Laboratório de Pesquisa em Microbiologia de Alimentos, em especial a minha orientadora Profa. Dra. Elane Schwinden Prudencio, a Doutoranda Amanda Alves Prestes e a Pós-Doutoranda Maria Helena Machado Canella. Agradeço a EMBRAPA FLORESTAS em especial a Pesquisadora Dra. Cristiane Vieira Helm e a técnica de laboratório Dayanne Regina Mendes Andrade. Agradeço ao Laboratório de Frutas e Hortaliças em especial a Profa. Renata Dias de Mello Castanho Amboni e a Pós-Graduanda Ana Letícia Andrade Ferreira. Agradeço a Banca de avaliação deste trabalho de conclusão de curso. Agradeço a Professora Isabela Maia Toaldo Fedrigo pela coorientação e organização da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso. Agradeço aos meus familiares, amigos e amigos de curso. Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Agradeço à Coordenação do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (CTA)/ Agradeço aos Professores do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e técnicos. Enfim, agradeço a todos que de uma forma ou outra contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A fim de elaborar uma bebida fermentada com propriedades de alegações funcionais, aproveitando o soro lácteo e a polpa de guabiroba, uma planta nativa brasileira, submeteu-se primeiramente o soro lácteo ao processo de crioconcentração em blocos com descongelamento gravitacional. O soro lácteo, bem como os soros concentrados e os gelos do primeiro e segundo estágio da crioconcentração foram avaliados quanto ao seu desempenho (rendimento e eficiência do processo) quanto aos teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais. O desempenho do processo indicou melhores rendimentos e eficiência do soro concentrado 2, na concentração de sólidos totais, proteínas e sais minerais, do que o soro concentrado 1 e ao soro, sendo igual ou maior do que 300% e maior do que 95%, respectivamente. Tal comportamento, bem como os valores para o pH, contribuíram para que o soro concentrado 2 fosse empregado na elaboração de duas bebidas fermentadas; sendo uma denominada de controle, sem adição de polpa de guabiroba; e uma bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba. Ambas as bebidas foram avaliadas e comparadas quanto aos teores de sólidos totais, proteínas e minerais; ao potencial hidrogeniônico; aos parâmetros de cor; à análise microbiológica; ao teor de compostos fenólicos; e ao teor de carotenoides, β -caroteno, α -caroteno, λ -caroteno e β -criptoxantina. Assim, pôde-se verificar que a incorporação de 10% de polpa de guabiroba não foi suficiente para modificar os teores de sólidos totais (28,53 g/100g), proteínas (2,70 g/100g) e sais minerais (1,50 g/100g); mas foi capaz de diminuir os valores do pH (4,56); modificar a cor para uma tonalidade alaranjada e ainda com diminuição da luminosidade, sendo que as diferenças de cor das duas bebidas podem ser visualizadas pelo olho humano ($\Delta E^* = 16,53$). A bebida fermentada com 10% de polpa de guabiroba apresentou 1,61 vezes mais compostos fenólicos, e um aumento de 265% para cada um dos teores carotenoides avaliados, ou seja, β -caroteno, α -caroteno, λ -caroteno e β -criptoxantina, quando comparados com a bebida sem adição de polpa de guabiroba. Enfim, pôde-se concluir com sucesso a elaboração de uma bebida fermentada com a incorporação de 10% de polpa de guabiroba com aumento das suas propriedades nutricionais.

Palavras-chave: Guabiroba. Bebida funcional. Soro de queijo. Concentração. Fermentação. Compostos bioativos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da guabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg).....	10
Figura 2: Fluxograma da produção de queijo e obtenção do soro lácteo.....	13
Figura 3: Esquema do processo de crioconcentração em blocos.....	15
Figura 4: Imagem da polpa de guabiroba.....	18
Figura 5: Imagem da bebida fermentada controle e da bebida fermentada com guabiroba (10% de polpa) elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2)	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplos de bebidas fermentadas com adição de frutas.....	16
Quadro 2: Composição nutricional e concentração de fenólicos totais e carotenoides dos frutos de guabiroba da região Sul do Brasil.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados da composição química e do pH (média \pm desvio padrão) do soro lácteo e das amostras resultantes do processo de crioc Concentração, e os resultados do fator de concentração e da eficiência do processo de cada estágio da crioc Concentração.....	25
Tabela 2: Formulação da bebida fermentada controle e da bebida fermentada com guabiroba (10% de polpa) elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).....	26
Tabela 3: Resultados da composição química, do pH (média \pm desvio padrão) e microbiológica da bebida fermentada controle e da bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba, ambas elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).....	27
Tabela 4: Resultados da composição química, do pH (média \pm desvio padrão) e microbiológica da bebida fermentada controle e da bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba, ambas elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).....	29
Tabela 5: Resultados dos teores de fenólicos e carotenoides (média \pm desvio padrão) da bebida fermentada controle e da bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba, ambas elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.2 O SORO LÁCTEO.....	12
2.2 A CRIOCONCENTRAÇÃO.....	14
2.3 BEBIDA FERMENTADA COM COMPOSTOS BIOATIVOS.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 MATERIAL.....	18
3.2 OBTENÇÃO DO SORO LÁCTEO.....	19
3.3 PROCESSO DE CRIOCONCENTRAÇÃO EM BLOCOS.....	19
3.3.1 Desempenho do processo.....	19
3.3.1.1 Fator de concentração.....	19
3.3.1.2 Eficiência do processo.....	20
3.4 Elaboração das bebidas fermentada.....	20
3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	21
3.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	21
3.7 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS.....	22
3.7.1 COMPOSTOS FENÓLICOS.....	22
3.7.2 CAROTENOIDES.....	22
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5 CONCLUSÃO.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

O soro lácteo é um importante coproduto da indústria de queijos e aproximadamente 197,44 milhões de toneladas deste são geradas mundialmente a partir de queijos elaborados com leite de vaca (FAOSTAT, 2021). O soro lácteo é uma excelente fonte de nutrientes, pois retém aproximadamente 55% dos sólidos e 20% das proteínas presentes no leite, sendo aproximadamente 0,6-0,8% de proteínas, 0,4-0,5% de gordura, 4,5-5% de lactose e 8-10% de sais minerais. Isso torna o soro lácteo uma matéria-prima atraente para a fabricação de uma variedade de produtos. Por outro lado, até o ano de 2015, somente 50% do total de soro lácteo gerado no mundo era processado. Entretanto, o soro restante deveria ser utilizado da maneira mais econômica, científica e ambientalmente correta, a fim de evitar a perda de nutrientes valiosos e a poluição ambiental (SMITHERS, 2015).

Alternativas para a utilização deste produto secundário, visando o seu aproveitamento, têm gerado interesse tanto para o setor industrial de pequeno a grande porte, quanto para o científico. Para agregar valor à subprodutos industriais, como o soro lácteo, em relação a suas propriedades nutricionais e tecnológicas, métodos de concentração podem ser aplicados. Dentre estas destaca-se a tecnologia de crioc Concentração que emprega baixas temperaturas no uso deste tipo de processamento. Devido às baixas temperaturas usadas na crioc Concentração, esse processo vem ganhando popularidade como uma técnica alternativa às técnicas de concentração usadas no processamento de soro lácteo, como evaporação a vácuo e tecnologias de membrana (HABIB; FARID, 2007, RAVENTÓS *et al.*, 2007), pois oferece qualidades funcionais e sensoriais mais aprimoradas ao leite crioc Concentrado. A crioc Concentração melhora a qualidade, pois minimiza o efeito do calor em componentes sensíveis, como proteínas, vitaminas hidrossolúveis e compostos aromáticos (SÁNCHEZ *et al.*, 2010; MORENO *et al.*, 2015; ROBLES *et al.*, 2016).

A fusão de tecnologias não térmicas emergentes e a utilização de matérias-primas naturais, com importante composição nutricional, são focos de importantes estudos científicos. A crescente atenção do consumidor por uma dieta que vai além do valor nutricional, visando melhorar o seu estado de bem-estar, determinou um grande interesse das indústrias de alimentos pelo desenvolvimento de produtos com alegações de propriedades funcionais. Dentre estes produtos encontram-se os adicionados de compostos bioativos. Os compostos bioativos são sintetizados por vegetais, na composição de frutas, flores, folhas, sementes ou raízes, além disso, esses compostos podem ser metabolizados por alguns microrganismos e animais

(PATRA *et al.*, 2018). Dentre estes compostos tem-se os polifenóis e os carotenoides, que são capazes de atuar no metabolismo humano, atuam na prevenção de doenças degenerativas (CUTRIM; CORTEZ, 2018; DE CARVALHO *et al.*, 2019). Fontes de compostos bioativos, como extrato de frutas, polpas e sucos, costumam ser estudadas como aditivo funcional em derivados lácteos, tornando-se uma importante fonte para pesquisas e uma tendência para as indústrias (BALTHAZAR *et al.*, 2019; CASAROTTI *et al.*, 2018).

As frutas nativas brasileiras vêm sendo estudadas em trabalhos relacionados à sua composição e benefícios de consumo (AZEVEDO *et al.*, 2019; DE ARAÚJO PADILHA *et al.*, 2018), como por exemplo, frutos da família *Myrtaceae* que são conhecidos por seu alto teor de compostos bioativos e atividade antioxidante, incluindo a *Campomanesia xanthocarpa* O.Berg, popularmente conhecida como “guabiroba” (SILVEIRA *et al.*, 2019) (Figura 1). A guabiroba é considerada uma fruta funcional nativa brasileira que possui sabor ácido-doce e compostos antioxidantes, como polifenóis (CAPELETTO *et al.*, 2016). Essas propriedades da guabiroba tornam a polpa adequada para ser consumida *in natura* ou nas composições de bebidas. Contudo, a polpa de guabiroba ainda não é um ingrediente muito utilizado em produtos comerciais (BARBIERI *et al.*, 2018).

Figura 1: Imagem da guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O.Berg).



Fonte: Arquivo do autor (2022).

A guabiroba é uma fruta encontrada no Brasil, com destaque para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. No Estado do Paraná a EMBRAPA FLORESTAS

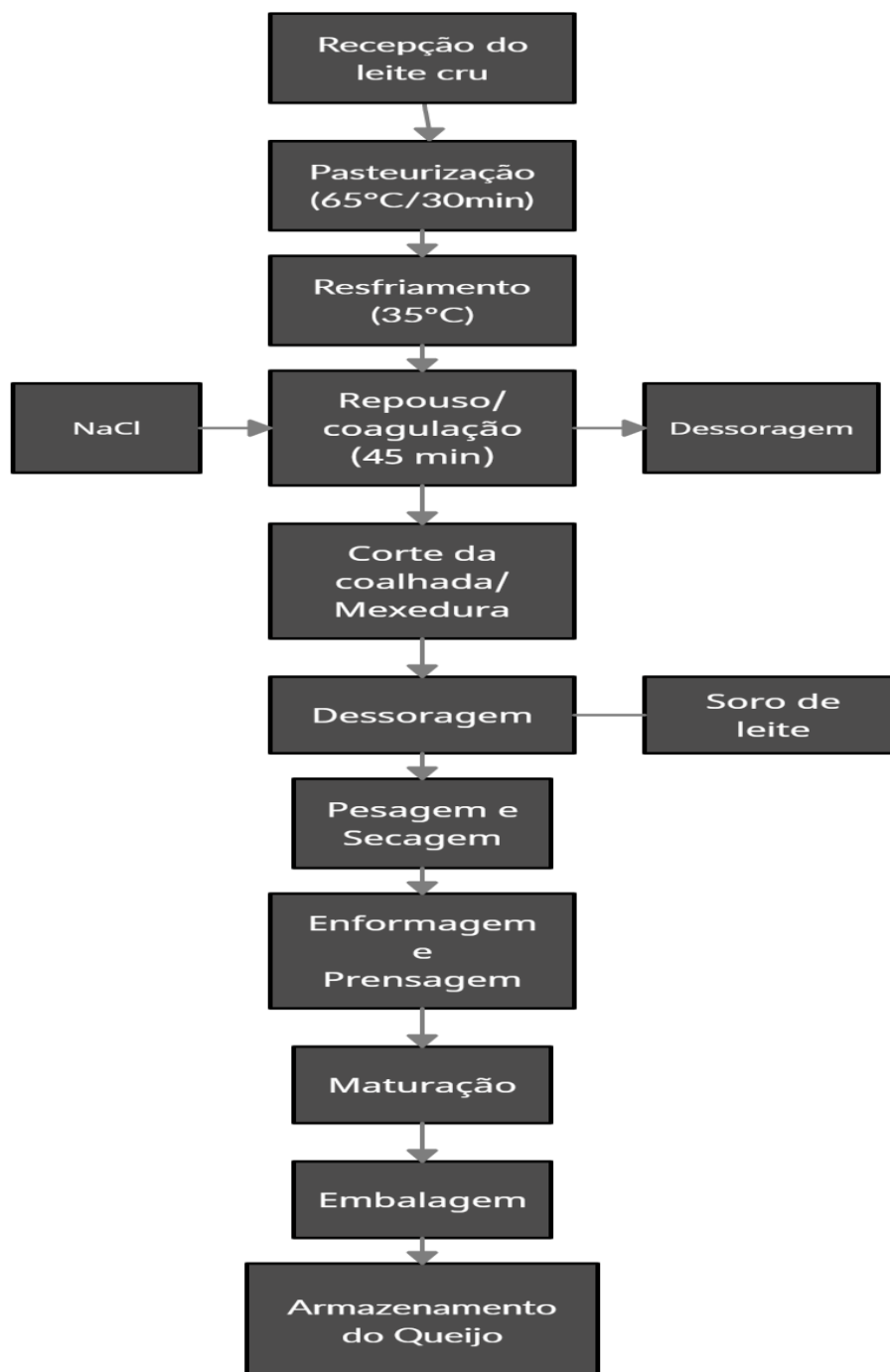
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) tem trabalhado com a guabiroba nas mais diferentes formas. A polpa de guabiroba foi um dos produtos desenvolvidos pela EMBRAPA juntamente com um grupo de agricultoras da comunidade Pinho de Baixo, localizada no interior da cidade de Irati – PR. Entre os anos 2021/2022 foram coletadas três toneladas desta fruta, que depois de despolpada resultou num rendimento igual a 70% de polpa. Neste grupo de agricultoras também estão presentes produtoras de leite que produzem queijo de forma artesanal e, desta forma, apresentam como excedente uma grande quantidade de soro lácteo, o qual precisa ser também empregado no desenvolvimento de novos produtos. Visando aproveitar a polpa de guabiroba e o soro lácteo, o objetivo deste trabalho consistiu em submeter o soro lácteo à tecnologia de crioconcentração em blocos com descongelamento gravitacional, por ser mais fácil e econômica de ser empregada, na elaboração de bebida fermentada adicionada de polpa de guabiroba, a fim melhorar as suas propriedades nutricionais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2 O SORO LÁCTEO

O soro de leite ou soro lácteo é um líquido extraído da coagulação do leite durante a fabricação de queijos, caseína alimentar e produtos similares. Vale ressaltar que de cada 10 litros de leite utilizados na fabricação de um queijo, entre 8,5 e 9 litros resultam em soro lácteo (Figura 2). Entretanto, se o soro lácteo for descartado de forma incorreta, ele pode gerar problemas ambientais, devido ao seu alto teor de matéria orgânica, devendo ser aproveitado ou descartado de forma adequada. Quando lançado no solo, o soro lácteo pode afetar sua composição físico-química, prejudicando futuras plantações ou colheitas, sendo assim, um resíduo que necessita de tratamento adequado antes de seu descarte gerando um custo maior para a indústria de laticínios. O soro lácteo é classificado em soro doce e soro ácido, sendo o soro doce resultante do processo de produção do queijo de coagulação enzimática enquanto o soro ácido é proveniente do soro doce e da sua coagulação empregando ácido láctico, por exemplo, e calor. O pH do soro doce varia entre 6,3 e 6,6 e o soro ácido apresenta pH entre 4,3 e 4,6. O soro contém cerca de 50% da composição inicial do leite. Destes componentes, as proteínas se destacam pelas suas propriedades funcionais como a sua capacidade geleificante e emulsificante. O soro também é uma importante fonte de aminoácidos essenciais, como a leucina. A proteína do soro lácteo é majoritariamente composta pela β -lactoglobulina e α -lactoalbumina, representando 50% e 12% da composição, respectivamente. O soro lácteo ainda é composto pela bovino soro albumina (5%), imunoglobulinas (8%), entre outras proteínas em menor quantidade (OLIVEIRA, 2012).

Figura 2: Fluxograma da produção de queijo e obtenção do soro lácteo.



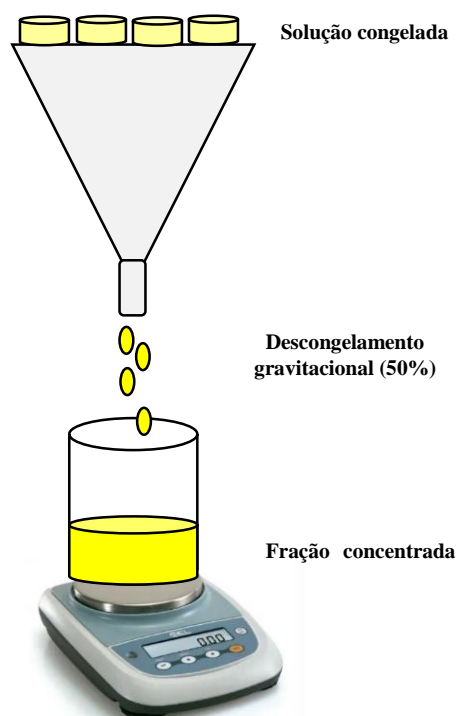
Fonte: Próprio autor.

2.2 A CRIOCONCENTRAÇÃO

Dentre os métodos tradicionalmente utilizados para concentração do soro lácteo, tem-se a evaporação tradicional, empregando evaporador de múltiplo efeito tipo filme descendente e a tecnologia de membranas, como por exemplo, a ultrafiltração. Entretanto, a evaporação possui efeitos negativos sobre a qualidade sensorial e nutricional dos produtos alimentares concentrados (LEWICKI, 2006), como por exemplo, a diminuição de importantes compostos aromáticos e voláteis, vitaminas solúveis em água e proteínas termo sensíveis, como as proteínas de soro lácteo (FRYER; ROBBINS, 2005), enquanto a tecnologia de membranas é considerada cara e emprega grandes quantidades de água na lavagem de suas membranas. Uma alternativa inovadora seria o emprego do processo de crioconcentração, em substituição ao processo de evaporação tradicional, que tem como objetivo promover a concentração de produtos alimentares líquidos, pelo congelamento e subsequente separação de uma parte da água congelada a partir de um produto líquido (BELÉN *et al.*, 2012). Este processo preserva as propriedades sensoriais e os componentes termicamente sensíveis dos alimentos, pelo uso de baixas temperaturas. Desta forma, este processo pode ser uma alternativa atraente à técnica de concentração convencional ou o uso da tecnologia de membranas, já utilizadas no processamento do soro lácteo (AIDER; DE HALLEUX; MELNIKOVA, 2009).

A crioconcentração é composta por métodos diferentes, com destaque para: a crioconcentração em suspensão, a crioconcentração em camada e a crioconcentração em blocos, cada uma com a sua metodologia de aplicação e vantagens para determinado alimento (PRESTES *et al.*, 2021). Dentre estes métodos de crioconcentração, destaca-se a crioconcentração em blocos (Figura 3), que apresenta como vantagem o seu baixo gasto energético e, consiste em congelar o soro lácteo e descongelar parcialmente, onde a fração concentrada pode ser separada da fração de gelo por descongelamento gravitacional. Esse processo pode ser repetido, através do congelamento da fração congelada, repetindo a etapa de descongelamento, aumentando muitas vezes a eficiência do processo de concentração. Além disso, a tecnologia de crioconcentração que consiste em concentrar alimentos líquidos pelo método de congelamento/descongelamento é uma tecnologia amiga do ambiente. Assim, a recuperação da matéria seca do soro lácteo poderia ser viável através do processo de crioconcentração em blocos e tornar-se futuramente promissora para o uso industrial (AIDER; DE HALLEUX; MELNIKOVA, 2009).

Figura 3: Esquema do processo de crioconcentração em blocos.



Fonte: Arquivo do autor (2022).

A crioconcentração em blocos já foi utilizada em muitos alimentos, como por exemplo, na concentração do soro lácteo de cabra (LIZ *et al.*, 2020), na concentração de soro lácteo visando a elaboração de sorvetes (BARROS *et al.*, 2022), na concentração de suco de laranja (HAAS *et al.*, 2022) e na concentração do extrato de beterraba (AREND *et al.*, 2022).

2.3 BEBIDA FERMENTADA COM COMPOSTOS BIOATIVOS

Alimentos e bebidas fermentados são aqueles produzidos pelo crescimento controlado de microrganismos (bactérias, leveduras e bolores) e a conversão dos componentes alimentares por meio da ação de suas enzimas. Assim, a fermentação pode ser vista como um método biológico de conservação de alimentos. Além de conservar, a fermentação tem potencial de enriquecer o alimento com uma ampla diversidade de sabores, aromas e texturas. Alguns dos alimentos e bebidas fermentados também são capazes de promover a saúde, podendo estar associados à prevenção de doenças. Tais benefícios são atribuídos aos compostos bioativos, que podem estar presentes pela adição de algum outro alimento, como por exemplo, a adição de polpa de frutas (BRUNO; MACHADO, 2022), como as apresentadas no Quadro 1.

Os compostos bioativos são definidos como nutrientes e/ou não nutrientes com uma ação metabólica ou fisiológica específica no organismo. Podem agir como antioxidantes, ativando enzimas, bloqueando atividades de toxinas virais e microbianas, entre outros efeitos. Os compostos bioativos já identificados que fornecem benefícios e tem funcionalidade no organismo são os antioxidantes, como os carotenoides e os compostos fenólicos (FIGUEIREDO; CARVALHO, 2015).

Os compostos fenólicos, conhecidos também como polifenóis, são produtos secundários do metabolismo vegetal e constituem um amplo grupo de fitoquímicos, com mais de 8000 estruturas conhecidas. Os carotenoides são grupos de pigmentos que confere cor e tem função tanto de provitamina e antioxidante (BERTAGNOLLI, 2014).

Quadro 1: Exemplos de bebidas fermentadas com adição de frutas.

Bebida fermentada	Frutas	Microrganismo	Referência
Bebida fermentada a partir de frutos tropicais	Fruta do conde, ciriguela e mangaba.	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Muniz <i>et al.</i> (2002)
Bebida fermentada do <i>Cereus Jamaru</i>	Fruto do mandacaru	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Almeida <i>et al.</i> (2011)
Bebida alcoólica fermentada de jaca	Jaca	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Neto <i>et al.</i> (2010)
Bebida fermentada utilizando calda residual da desidratação osmótica de abacaxi	Abacaxi	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Oliveira <i>et al.</i> (2012)
Desenvolvimento de bebidas fermentadas com coprodutos de frutas com potencial antioxidante	Acerola, Goiaba, Tamarindo, Maracujá, Cajá e Abacaxi.	SCOBY – Symbiotic culture of bacteria and yeast	Camara (2022)

Dentre as frutas que são caracterizadas por apresentarem compostos bioativos destaca-se a guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa O.Berg*). A guabiroba é encontrada em diversos estados do Brasil compreendendo grandes extensões, ocorrendo em quase todas as formações florestais. O fruto da guabiroba é uma baga globosa achatada, amarelada, comestível, com 5 a 6 sementes coriáceas miúdas. O fruto *in natura* é rico em vitamina C, e pode ser aproveitado na forma de sucos, doces e sorvetes. Quanto ao valor nutritivo, apresenta baixo teor energético, por causa da reduzida concentração de macronutrientes, especialmente lipídios. Além disso, o fruto ainda é fonte de cálcio, zinco e ferro (SILVA, 2008) (Quadro 2).

Os resultados obtidos pela EMBRAPA (2015) indicam que do ponto de vista nutricional e funcional, a guabiroba é um alimento que pode ser fonte de precursores da vitamina A e antioxidantes, apresentando potencial de contribuição da sua adição em alimentos, visando agregação de valor ao produto.

Quadro 2: Composição nutricional e concentração de fenólicos totais e carotenoides dos frutos de guabiroba da região Sul do Brasil.

Componentes	Composição (g/100g)	
Proteínas (g/100g)	1,30	
Lipídeos (g/100g)	0,62	
Carboidratos totais (g/100g)	7,75	
Fenólicos totais (μ/g)	19,59	
Carotenoides (μ/g)	α-caroteno	4,8
	β-caroteno	5,4
	β-criptoxantina	5,8
	λ caroteno	4,3

Fonte: EMBRAPA (2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

Na obtenção do soro lácteo foram utilizados leite pasteurizado integral (com 10,98% de sólidos totais, 2,98% de proteína, 4,07% de carboidrato e 3,20% de gordura, Tirol, Treze Tílias, Brasil) e coagulante enzimático HA-LA® com poder coagulante de 1:3000 (Chr. Hansen, Valinhos, São Paulo, Brasil). As bebidas fermentadas foram elaboradas utilizando fermento lácteo (BioRich®, Chr. Hansen, Valinhos, São Paulo, Brasil) composto por *Streptococcus salivarius* subesp. *thermophilus*, *Bifidobacterium* BB-12 e *Lactobacillus acidophilus* LA-5), sacarose (União®, Barra Bonita, São Paulo, Brasil) e glicose (Yoki®, Paranavaí, Paraná, Brasil). A polpa de guabiroba adicionada na bebida fermentada foi obtida das frutas coletadas na comunidade Pinho de Baixo, localizada no interior de Irati -PR (S25o27c56”; W50o37'51”) (Figura 4). A guabiroba foi despulpada e gentilmente cedida para uso neste trabalho pela EMBRAPA FLORESTAS (Colombo, PR, Brasil), contendo a seguinte principal composição: 15,79 g/100g de sólidos totais; 0,18 g/100g de proteína; 7,75 g/100g de carboidratos; e 0,88 g/100g de gordura. Ágar MRS (Difco, Sparks, EUA) foram utilizados para as análises microbiológicas. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

Figura 4: Imagem da polpa de guabiroba.



Fonte: Arquivo do autor (2022).

3.2 OBTENÇÃO DO SORO LÁCTEO

O soro lácteo foi obtido a partir do queijo tipo Minas Frescal, como descrito por Souza e Saad (2009), com modificações. O queijo tipo Minas Frescal foi produzido em um recipiente com 48 L de leite pasteurizado aquecido a 37 ± 1 °C e adicionado de coagulante enzimático seguido de incubação a 37 ± 1 °C, por 40 minutos. A massa coagulada foi gentilmente cortada em cubos, agitada, drenada e colocada em recipientes cilíndricos perfurados, cada um com capacidade para 500 g, visando a separação do soro. O soro lácteo obtido foi filtrado e mantido em refrigeração até a realização da crioconcentração e das análises.

3.3 PROCESSO DE CRIOCONCENTRAÇÃO EM BLOCOS

O método de crioconcentração em blocos foi empregado no soro lácteo, seguindo a metodologia descrita por Canella *et al.* (2018). Em cada estágio do processo de crioconcentração, duas frações foram obtidas e denominadas soro concentrado (SC) e gelo (G). Um volume inicial de 7,2 L de soro lácteo foi separado em potes contendo aproximadamente 200 g. Os recipientes plásticos contendo o soro foram congelados a -20 ± 2 °C em uma unidade de freezer (Consul, Biplax CRD41D, São Bernardo do Campo, Brasil). Depois do congelamento completo do soro lácteo, 50 % do volume inicial foi descongelado à temperatura ambiente (20 ± 2 °C), obtendo-se duas frações, o soro concentrado (SC1) e o gelo (G1). A fração concentrada (SC1) foi novamente congelada em potes plásticos contendo 200 g aproximadamente a -20 ± 2 °C, e usada como solução de alimentação na segunda etapa de crioconcentração, resultando no soro concentrado (SC2) e no gelo (G2). Após cada etapa, uma porção de concentrado (SC1 e SC2) e frações de gelo (G1 e G2) foram coletadas e armazenadas a -20 ± 2 °C, para posteriores análises e utilização na elaboração da bebida fermentada.

3.3.1 Desempenho do processo

3.3.1.1 Fator de concentração

O fator de concentração do processo de crioconcentração (FC), ou seja, o seu rendimento, foi calculado usando a Equação (1), segundo Aider e Ounis (2012). O valor de FC foi determinado em cada estágio de concentração em função do aumento de sólidos totais (g/100g), sais minerais (g/100g) e proteínas (g/100g) no crioconcentrado (ST_n), e em relação ao soro lácteo inicial (ST_0).

$$FC\% = \frac{ST_n}{ST_0} \times 100 \quad (1)$$

onde ST_n é o teor de sólidos totais (g/100g), sais minerais (g/100g) ou proteínas (g/100g) no soro lácteo concentrado em cada estágio de concentração e ST_0 é o teor de sólidos totais (g/100g), sais minerais (g/100g) ou proteínas (g/100g) no soro inicial.

3.3.1.2 Eficiência do processo

A eficiência do processo de crioconcentração (EP) foi determinada com base no aumento de sólidos totais no crioconcentrado (g/100g) em relação aos sólidos totais, sais minerais (g/100g) ou proteínas (g/100g) remanescentes na fração de gelo de cada etapa da crioconcentração. A EP foi calculada pela Equação (2), de acordo com Aider e Ounis (2012).

$$EP\% = \frac{ST_n - ST_i}{ST_n} \times 100 \quad (2)$$

onde ST_n é o teor de sólidos totais (g/100g), sais minerais (g/100g) ou proteínas (g/100g) nas frações de soro lácteo concentrado e ST_i é o teor de sólidos totais (g/100g), sais minerais (g/100g) ou proteínas (g/100g) no gelo.

O soro lácteo concentrado utilizado na elaboração das bebidas fermentadas foi escolhido a partir da avaliação dos resultados do FC e da EP.

3.4 ELABORAÇÃO DAS BEBIDAS FERMENTADA

Duas bebidas fermentadas foram elaboradas de acordo com a metodologia de Almeida, Bonassi e Roça (2001), com modificações. Na elaboração das bebidas foi utilizado o soro concentrado do estágio que apresentou melhor desempenho de processo de crioconcentração. Duas bebidas fermentadas (bebida controle e bebida com guabiroba) foram preparadas com o aquecimento de soro concentrado a 42 ± 2 °C seguido da adição de sacarose (8%) e glicose (4%), e com a inoculação de 0,05% do fermento termofílico (*L. acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium* sp. BB-12 e *S. thermophilus*), conforme indicação do fabricante. A incubação para a etapa de fermentação foi realizada a 42 ± 2 °C medindo-se o pH e resfriada a 4 ± 2 °C por 24 h. A bebida controle foi preparada apenas com soro concentrado, no volume de 1000mL

de bebida fermentada controle, sem adição de polpa de guabiroba e a bebida com guabiroba foi preparada com adição de 100g de polpa (10%) em temperatura ambiente, para obter o volume de 1000mL da bebida com adição de guabiroba, após o processo fermentativo, conforme proposto por Prestes *et al.* (2021). As amostras foram mantidas sob refrigeração (4 ± 1 °C), até o momento das análises.

3.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para todas as amostras de soro concentrado, gelo e bebidas fermentadas (bebida controle e bebida com guabiroba) o teor de sólidos totais (g/100 g) foi obtido pelo método de secagem em estufa até peso constante, o teor de sais minerais total (g/100g) foi obtido colocando a amostra previamente seca e incinerada em mufla até peso constante, e o teor de proteínas (g/100g) foi realizado através do método de Kjeldahl ($N \times 6,38$) (AOAC, 2019). O potencial hidrogeniônico das amostras foi determinado em pH metro digital (Kasvi®, São Paulo, São Paulo, Brasil).

Os parâmetros de cor das bebidas fermentadas (bebida controle e bebida com guabiroba) foram determinadas utilizando o colorímetro Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japão), ajustado para operar com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. O colorímetro será calibrado com uma placa padrão branca e para medir os parâmetros L^* , a^* e b^* será utilizada a escala de cor CIELab. O parâmetro L^* varia de 0 a 100 e indica a luminosidade (variação do preto para branco); o eixo b^* é a variação do amarelo ($+b^*$) para azul ($-b^*$) e o eixo a^* mostra a variação do vermelho ($+a^*$) para verde ($-a^*$). A diferença total da cor (ΔE^*) entre as duas bebidas foi calculada de acordo com Okpala, Piggott e Schaschke (2010), como descrito na Equação 3:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

onde ΔL^* é a diferença da luminosidade, enquanto Δa^* representa a intensidade da cor vermelha e Δb^* a intensidade da cor amarela.

3.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A contagem de *Streptococcus salivarius* subesp. *thermophilus*, *Bifidobacterium* BB-12 e *Lactobacillus acidophilus* LA-5 foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela

APHA (2001). Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama de bebida fermentada (UFC/mL).

3.7 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

3.7.1 COMPOSTOS FENÓLICOS

As duas bebidas fermentadas (bebida controle e bebida com guabiroba) foram avaliadas quanto ao teor de fenólicos totais de acordo com o método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965), a 720 nm em espectrofotômetro (UV-1800, Shimadzu, Brasil). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por litro de amostra (mg GAE/ mL) (faixa de linearidade da curva de calibração: $R^2 = 0,99$).

3.7.2 CAROTENOIDES

As duas bebidas fermentadas (bebida controle e bebida com guabiroba) foram avaliadas de acordo com Rodriguez-Amaya (2001), com modificações. Para a extração dos carotenoides foram pesados 1 g de amostra e 20 mL de acetona em tubo Falcon® de 50 mL. Depois da mistura em vórtex (Biomixer®, Jacareí, São Paulo, Brasil), o tubo contendo a mistura foi colocado em ultrasson durante 30 minutos. O extrato foi separado com auxílio de papel filtro e funil. Em um bureta foi adicionado 4 mL de éter de petróleo e em seguida o líquido extraído e 3 mL de água ultrapura do tipo 2. A bureta foi deixada em repouso, aguardando a separação das fases. Quando não houve a separação, algumas gotas de solução de NaOH foram pingadas e então foi aguardada a separação. Após a separação, foi retirada a fração inferior (incolor) para descarte, mantendo somente a fase colorida na bureta. A fase colorida foi removida para um balão volumétrico, passando por um papel filtro com sulfato de sódio, retendo qualquer resíduo aquoso. A bureta foi limpa com éter de petróleo, evitando perdas do extrato.

Para leitura dos carotenoides em espectrofotômetro foi utilizado o comprimento de onda de 450 nm para β -caroteno; o comprimento de onda de 444 nm para α -caroteno; o comprimento de onda de 452 nm para β -criptoxantina; e o comprimento de onda de 462 nm para λ -caroteno.

O teor de carotenoides foi calculado como descrito na Equação 4:

$$\text{Carotenóides } [\mu\text{g}(100)^{-1}] = \frac{\text{Abs} \times \text{Vol mL (diluição)}}{A_{1\%}^{1\text{cm}} \times \text{Peso da amostra}} \times 10^6 \quad (4)$$

onde, A é Absorbância, V é Volume total do extrato (mL), A1% é absorvidade molar = 2592 (β -caroteno), A1% é absorvidade molar = 2800 (α -caroteno), A1% é absorvidade molar = 3100 (λ -caroteno) e A1% é absorvidade molar = 2386 (β -criptoxantina).

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão. A análise dos dados foi realizada no software STATISTICA 13.3 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, EUA). Para determinar as diferenças significativas ($p < 0,05$), foi realizada análise de variância (ANOVA). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a crioconcentração do soro lácteo em relação aos teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais indicam que estes valores diferiram ($p < 0.05$) na seguinte ordem: SC2 > SC1 > soro lácteo > G2 = G1 (Tabela 1). Vale ressaltar que neste estudo foram utilizados dois estágios de crioconcentração porque de acordo com Aider, Hailleux e Akbache (2007) e Aider e Ounis (2012), a partir do terceiro e quarto estágios do processo de crioconcentração de soro lácteo e leite desnatado, respectivamente, quantidades relativamente altas de sólidos totais ficam aprisionados na fração de gelo. De acordo com estes autores, isto acontece porque com o aumento da viscosidade da matéria prima láctea a ser concentrada, a capacidade de obter cristais de gelo puros diminuiu e, portanto, a eficiência geral do processo de crioconcentração também diminuiu. Assim, estes autores também concluíram que o aumento da viscosidade da solução teve como consequência a diminuição dos fenômenos de transferência de massa e calor no sistema. Por outro lado, Samsuri, Amran e Jusoh (2015) também afirmaram que grandes cristais de gelo contêm menos impurezas e menor teor de sólidos do que os cristais menores, e tal comportamento é notado quando empregado o congelamento lento, como o empregado em nosso estudo. Desta forma, o comportamento obtido para os teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais do soro lácteo em nosso trabalho foi o esperado, quando comparados com estes estudos citados acima. Canella *et al.* (2020) ao realizar o processo de crioconcentração em blocos com descongelamento a vácuo do leite de cabra, obteve valores para o rendimento do concentrado em torno de 85% para o teor de sólidos totais, em dois estágios de crioconcentração. O rendimento dos concentrados obtidos no presente trabalho foi de 348,35%, 321,50% e 300,00%, no segundo estágio da crioconcentração, em relação aos teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais, respectivamente. No estudo realizado por Canella *et al.* (2020) também foi observado que a eficiência do processo de crioconcentração para o teor de sólidos totais ficou em torno de 90%, enquanto o nosso processo foi verificado no segundo estágio de crioconcentração uma eficiência > 95%. Para os teores de proteínas e sais minerais a eficiência do nosso processo de crioconcentração foram também de aproximadamente 90%. Entretanto, no processo de crioconcentração de soro lácteo, realizado por Aider, Hailleux e Akbache (2007), o fator de concentração para o teor de sólidos totais no estágio 2 foi igual a 351% e, portanto, este valor foi similar ao obtido no segundo estágio da crioconcentração. Contudo, no estudo realizado por estes autores, neste mesmo estágio, o fator de concentração do teor de proteínas foi de 213%

e de 24,81% para potássio, sódio, cálcio e magnésio, sendo, portanto, menores do que os valores obtidos neste estudo.

Tabela 1: Resultados da composição química e do pH (média \pm desvio padrão) do soro lácteo e das amostras resultantes do processo de crioc Concentração, e os resultados do fator de concentração e da eficiência do processo de cada estágio da crioc Concentração.

	Soro lácteo	SC1	SC2	G1	G2	FC1 (%)	EP1 (%)	FC2 (%)	EP2 (%)
Sólidos totais	6,06 ^c	11,62 ^b	21,11 ^a	0,93 ^d	0,97 ^d	190,10	91,93	348,35	95,40
	\pm 0,24	\pm 0,01	\pm 0,06	\pm 0,05	\pm 0,02				
Composição (g/100g)	0,93 ^b	1,73 ^b	2,99 ^a	0,27 ^d	0,31 ^d	186,02	84,39	321,50	89,63
	\pm 0,06	\pm 0,08	\pm 0,03	\pm 0,01	\pm 0,04				
Sais minerais	0,56 ^c	1,01 ^b	1,68 ^a	0,14 ^d	0,16 ^d	180,36	86,14	300,00	90,47
	\pm 0,12	\pm 0,03	\pm 0,02	\pm 0,03	\pm 0,01				
pH	6,17 ^e	6,25 ^c	6,20 ^d	6,52 ^a	6,41 ^b	-	-	-	-
	\pm 0,01	\pm 0,01	\pm 0,01	\pm 0,05	\pm 0,00				

SC1 = Soro lácteo concentrado 1; SC2 = Soro lácteo concentrado 2; G1 = Gelo 1; G2 = Gelo 2; FC1 = Fator de concentração do estágio de crioc Concentração 1; EP1 = Eficiência do processo do estágio de crioc Concentração 1; FC2 = Fator de concentração do estágio de crioc Concentração 2; EP2 = Eficiência do processo do estágio de crioc Concentração 2.

^{a-e} Letras minúsculas diferentes e sobrescritas, expressas na mesma linha, indicam diferenças significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

Em relação ao pH, a análise estatística dos dados obtidos mostrou diferença ($p < 0,05$) entre todos os valores (Tabela 1). De acordo com Igartúa, Cabezas e Palazolo (2022) os valores para o pH do soro são de aproximadamente 7,0. De acordo com Thao *et al.* (2021) o pH em torno de 6,0 e 6,5 não é capaz de afetar as suas propriedades funcionais, como por exemplo, a solubilidade, as propriedades espumantes e as propriedades emulsificantes. Através dos resultados obtidos nesta primeira etapa do trabalho, ou seja, devido aos maiores teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais, bem como devido os excelentes valores obtidos para o FC e para a EP, o SC2 (soro lácteo concentrado 2) foi escolhido para a elaboração das bebidas

fermentadas. Para melhor entendimento dos resultados obtidos, na Tabela 2 são encontrados os valores em gramas de SC2 e demais ingredientes utilizados na elaboração das bebidas fermentadas. Na Figura 5 são apresentadas as bebidas fermentadas controle e com polpa de guabiroba.

Tabela 2: Formulação da bebida fermentada controle e da bebida fermentada com guabiroba (10% de polpa) elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).

Formulação (g)	Bebida fermentada controle	Bebida fermentada com polpa de guabiroba
Soro lácteo concentrado2	879,5	779,5
Sacarose	80,0	80,0
Glicose	40,0	40,0
Fermento lácteo	0,5	0,5
Polpa de guabiroba	0,0	100,0
Total (g)	1.000,0	1.000,0

Figura 5: Imagem da bebida fermentada controle e da bebida fermentada com guabiroba (10% de polpa) elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).



Fonte: Arquivo do autor.

Os resultados para a composição físico-química e dos parâmetros de cor das bebidas lácteas elaboradas estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados da composição química, do pH (média \pm desvio padrão) e microbiológica da bebida fermentada controle e da bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba, ambas elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).

		Bebida fermentada controle	Bebida fermentada incorporada com a polpa de guabiroba
Composição (g/100g)	Sólidos totais	28,48 ^a \pm 0,82	28,53 ^a \pm 0,28
	Proteínas	2,99 ^a \pm 0,08	2,70 ^a \pm 0,15
	Sais minerais	1,66 ^a \pm 0,11	1,50 ^a \pm 0,08
pH depois do processo de fermentação		4,79 ^{a,A} \pm 0,01	4,48 ^{b,D} \pm 0,01
pH das bebidas prontas		4,67 ^{a,B} \pm 0,01	4,56 ^{b,C} \pm 0,01
Parâmetro da cor	L*	39,04 ^a \pm 0,03	35,13 ^b \pm 2,21
	a*	- 3,86 ^b \pm 0,02	4,52 ^a \pm 0,01
	b*	7,12 ^b \pm 0,04	21,31 ^a \pm 0,01
	ΔE^*		16,53
Contagem microbiológica (UFC/mL)		5,85 x 10 ^{8a}	3,95 x 10 ^{8b}

A Contagem microbiológica = a quantidade total de *Streptococcus salivarius* subesp. *thermophilus*, *Bifidobacterium* BB-12 e *Lactobacillus acidophilus* LA-5, onde UFC = Unidade Formadora de Colônia.

^{a-b} Letras minúsculas diferentes e sobrescritas, expressas na mesma linha, indicam diferenças significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

^{A-D} Letras maiúsculas diferentes e sobrescritas, na mesma linha ou coluna, indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$).

Entre as duas bebidas fermentadas elaboradas com concentrado de soro lácteo (SC2) não foram encontradas diferenças ($p > 0,05$) entre os teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais, ou seja, os 10% de polpa de guabiroba não apresentaram diferenças em relação a estes

teores. É relevante ressaltar que a polpa de guabiroba foi adicionada depois do processo fermentativo porquê de acordo com Ning *et al.* (2021), algumas concentrações de ácidos orgânicos contidos em polpas e sucos de frutas podem induzir a separação das proteínas, neste caso, as proteínas contidas no soro lácteo concentrado (SC2).

Os valores para o pH das bebidas fermentadas logo após o processo de fermentação, e, portanto, ainda sem a adição da polpa de guabiroba, apresentaram diferenças entre si ($p < 0,05$). Da mesma forma estas diferenças ($p < 0,05$) foram observadas entre as bebidas prontas, ou seja, a bebida fermentada controle e a bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba. De acordo com Meena *et al.* (2022) a diferença ($p < 0,05$) nos valores de pH nos dois casos pode ser devido a variações nas diferentes quantidades de SC2 usadas e, posteriormente em relação a outros fatores relacionados à constituição e à ação enzimática da guabiroba, bem como às mudanças no estado químico do fruto, transformado na forma de polpa.

Devido a cor alaranjada da polpa de guabiroba, a cor da bebida fermentada incorporada com a polpa guabiroba apresentou cor com tonalidade entre amarelo e vermelho, sendo que a luminosidade (L^*) diminuiu ($p < 0,05$). As variações nos parâmetros de cor estão representadas na Figura 6. O valor para ΔE^* foi maior do que 3,00, e de acordo com Dantas *et al.* (2021) isso confirma que as duas bebidas fermentadas elaboradas apresentam diferenças na cor que podem ser detectadas pelo olho humano, o que também pode ser visualizado através da Figura 5.

Em relação a contagem microbiológica pode-se verificar uma leve redução ($p < 0,05$) para a bebida fermentada incorporada com 10% de polpa guabiroba. Resultados similares foram obtidos por Ning *et al.* (2021) em iogurtes adicionados de polpa de maracujá. Estes autores creditaram tal comportamento à redução dos valores de pH e aos maiores tores de compostos fenólicos apresentados pelo suco, o que pode afetar negativamente a viabilidade das bactérias. Entretanto, a quantidade de fenólicos em vários produtos lácteos é extremamente restrita, e conforme Pereira *et al.* (2012), a polpa de guabiroba é rica em compostos fenólicos. Desta forma, pela maior quantidade destes compostos a bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba poderá trazer benefícios à saúde dos consumidores (Tabela 4). Assim, pôde-se verificar que a bebida com 10% de polpa de guabiroba apresentou 1,61 vezes mais compostos fenólicos do que a controle (sem adição de polpa). Ning *et al.* (2021) descreveram que os compostos fenólicos provaram ser seguros e eficazes na prevenção de muitas doenças em humanos. Prestes *et al.* (2021) estudaram a influência da polpa de guabiroba adicionada ao leite fermentado e verificaram que a adição de 10% de polpa de guabiroba, seria indicada para se ter uma maior eficácia quanto a absorção dos compostos fenólicos. Farias *et al.* (2020) relataram que o gênero *Campomanesia*, o qual compreende a guabiroba, reúne espécies usadas contra febre, disenteria e doenças do trato urinário, sendo considerado um fruto que contém compostos bioativos. Outro composto bioativo presente na guabiroba são os **carotenoides**. Os **carotenoides** são pigmentos naturais presentes em plantas que apresentam estruturas químicas que diferem em seus grupos funcionais, o que lhes permite ser classificadas em dois grupos: as xantofilas que contêm oxigênio como grupo funcional e os carotenos que

apresentam apenas o hidrocarboneto, sem a presença de nenhum grupo funcional. Grupos substituintes de oxigênio comumente encontrados são hidroxilas, como por exemplo, a β -criptoxantina. Os **carotenoides** também promovem benefícios à saúde, mesmo quando presentes em polpas adicionadas em produtos. Os **carotenoides** são fitoquímicos que estão entre os constituintes alimentares mais importantes colaborando na prevenção de câncer; além de ser absorvido e convertido pelo corpo humano em vitamina A, como o β -caroteno. A vitamina A desempenha um papel importante no corpo humano porque participa diretamente participa da química da visão, da diferenciação celular, e do sistema de reprodução, crescimento, além da formação de órgãos e ossos (FARIAS *et al.*, 2020). Desta forma, pode-se observar também na Tabela 4, os resultados obtidos para os teores de **carotenoides**, como β -caroteno, α -caroteno, λ -caroteno e β -criptoxantina da bebida fermentada controle e da bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba.

Tabela 4: Resultados dos teores de fenólicos e carotenoides (média \pm desvio padrão) da bebida fermentada controle e da bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba, ambas elaboradas a partir do soro lácteo concentrado 2 (SC2).

Compostos	Bebida fermentada	
	controle	Bebida fermentada incorporada com a polpa de guabiroba
fenólicos (mgGAE/mL)	1,68 ^b \pm 0,25	2,70 ^a \pm 0,36
Carotenoides (μ g/100mL)	β -caroteno	75,90 ^b \pm 0,04
	α -caroteno	70,27 ^b \pm 0,32
	λ -caroteno	63,47 ^b \pm 7,28
	β -criptoxantina	82,46 ^b \pm 9,47

mgGAE/mL = mg de ácido gálico por mL.

^{a-b} Letras minúsculas diferentes e sobrescritas, expressas na mesma linha, indicam diferenças significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

Através dos resultados obtidos foi possível verificar que a bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba apresentou um aumento de 264,5% para cada um dos carotenoides avaliados, quando comparados com os apresentados pela bebida controle. Stinco *et al.* (2019) avaliaram a bioacessibilidade de vinte e duas bebidas à base de leite e frutas comerciais na Espanha, e todas apresentaram em sua composição β -caroteno (2,50 a 567,70 μ g/100mL), sendo que doze continham α -caroteno (0,40 a 646,00 μ g/100mL) e nove β -criptoxantina (2,90 a 475 μ g/100mL). Estes autores concluíram que a grande variabilidade de carotenoides está

relacionada à matriz alimentar. Mesmo assim, quando comparados os valores obtidos neste estudo, com os dados comerciais e com a amostra controle, pôde-se verificar que os teores de carotenoides foram relevantes. Enfim, este estudo fornece uma nova e inédita abordagem de um produto funcional obtido do soro lácteo concentrado proveniente do segundo estágio da crioconcentração na elaboração de uma bebida fermentada incorporada com 10% de polpa de guabiroba.

5 CONCLUSÃO

O desempenho do soro lácteo durante o processo de crioconcentração demonstrou que os teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais foram maiores no segundo estágio da crioconcentração, quando comparado ao soro lácteo concentrado do primeiro estágio e à amostra inicial. Ao final da crioconcentração foi verificado no segundo estágio que o rendimento foi maior ou igual do que 300%, enquanto a eficiência do processo foi maior do que 95% para os teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais do soro concentrado 2. Apesar do pH do soro lácteo e dos soros concentrados 1 e 2 e dos gelos terem sido significativamente diferentes, eles ficaram próximos ao valor indicado para o soro lácteo, não sendo, portanto, capaz de afetar as suas propriedades funcionais. Pelos resultados obtidos o soro lácteo concentrado 2 foi escolhido para a elaboração das bebidas fermentadas. Quanto às propriedades da bebida fermentada elaborada, pôde-se verificar que a incorporação de 10% de polpa de guabiroba não foi suficiente para modificar os teores de sólidos totais, proteínas e sais minerais; mas foi capaz de diminuir os valores do pH; modificar a sua cor para uma tonalidade alaranjada com diminuição da sua luminosidade; além de ser observada leve redução na contagem microbiológica, quando os resultados foram comparados a bebida sem a incorporação da polpa de guabiroba. Além disso, a bebida com 10% de polpa de guabiroba apresentou 1,61 vezes mais compostos fenólicos, e um aumento de 264,5% para cada um dos carotenoides avaliados (β -caroteno, α -caroteno, λ -caroteno e β -criptoxantina), quando comparados com a bebida sem adição de polpa de guabiroba. Pôde-se concluir que foi possível elaborar uma bebida fermentada adicionada de 10% de polpa de guabiroba, melhorando as suas propriedades nutricionais e funcionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como complemento deste estudo, sugere-se que algumas análises sejam ainda realizadas, como por exemplo, a atividade antioxidante, análises reológicas, perfil de minerais e análise sensorial. Entretanto, vale ressaltar que este estudo realizado em parceria com a EMBRAPA FLORESTAS será transformado em um artigo técnico que ficará disponível na sua “vitrine”, além de ser futuramente repassada ao grupo de agricultoras da comunidade Pinho de Baixo, localizada no interior da cidade de Irati – PR. Também depois da incorporação de novos resultados, pretende-se publicar um artigo científico.

REFERÊNCIAS

AIDER, M.; DE HALLEUX, D.; MELNIKOVA, I. Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: impact of processing conditions. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 334–341, 2009.

AIDER, M.; OUNIS, W. B. Skim milk cryoconcentration as affected by the thawing mode: Gravitational vs. microwave-assisted. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 195–202, 2012.

ALMEIDA, K. E.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, p. 187- 192, 2001.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association analytical chemists**. 21st. ed. Maryland, USA, 2019.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of Methods of the Microbiological Examination of Foods**. 4th ed. Washington, USA, 2001.

AREND, G. D. *et al.* Corrigendum to ‘Gravitational and microwave-assisted multi-stages block freeze concentration process to obtain enriched concentrated beet (*Beta vulgaris L.*) by-products extract: bioactive compounds and simulated gastrointestinal profile’. **Food and Bioproducts and Processing**, v. 133, p. 77–86, 2022.

AZEVEDO, L. *et al.* Camu-camu (*Myrciaria dubia*) from commercial cultivation has higher levels of bioactive compounds than native cultivation (Amazon Forest) and presents antimutagenic effects *in vivo*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, p. 624–631, 2019.

BALTHAZAR, C. F. *et al.* Novel milk–juice beverage with fermented sheep milk and strawberry (*Fragaria × ananassa*): Nutritional and functional characterization. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 10724–10736, 2019.

BARBIERI, S. F. *et al.* Pulp and Jam of Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): characterization and rheological properties. **Food Chemistry**, v. 263, p. 292–299, 2018.

BARROS, E. L. da S. *et al.* Concentrated whey from block freeze concentration or milk-based ice creams on *Bifidobacterium* BB-12 survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 1-7, 2022.

BELÉN, F. *et al.* One option for the management of wastewater from tofu production: freeze concentration in a falling-film system. **Journal of Food Engineering**, v. 110, p. 364–373, 2012.

BRUNO, L. M.; MACHADO, T. F. Alimentos e bebidas fermentados e saúde: uma perspectiva contemporânea, v. 197, 2022.

CANELLA, M. H. M. *et al.* Use of concentrated whey by freeze concentration process to obtain a symbiotic fermented lactic beverage. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 14, p. 56-68, 2018.

CANELLA, M. H. M. *et al.* Optimization of goat milk vacuum-assisted block freeze concentration using response surface methodology and NaCl addition influence. **LWT – Food Science and Technology**, v. 124, p. 109133, 2020.

CAPELETTO, C. *et al.* Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of guavirova (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) seed extracts obtained by supercritical CO₂ and compressed n-butane. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 110, p. 32–38, 2016.

CASAROTTI, S. N. *et al.* Guava, orange and passion fruit by-products: characterization and its impacts on kinetics of acidification and properties of probiotic fermented products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 98, p. 69–76, 2018.

CUTRIM, C. S.; CORTEZ, M. A. S. A review on polyphenols: classification, beneficial effects, and their application in dairy products. **International Journal of Dairy Technology**, v. 71, p. 564–578, 2018.

DANTAS, A. *et al.* Encapsulated *Bifidobacterium* BB-12 addition in a concentrated lactose-free yogurt: Its survival during storage and effects on the product's properties. **Food Research International**, v. 150 (Part A), p. 110742, 2021.

DE ARAÚJO PADILHA, C. E. *et al.* Recovery of polyphenols from camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) depulping residue by cloud point extraction. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 26, p. 2471–2476, 2018.

DE CARVALHO, M. W. *et al.* Stevia-fortified yoghurt: stability, antioxidant activity and *in vitro* digestion behaviour. **International Journal of Dairy Technology**, v. 72, p. 57–64, 2019.

EMBRAPA. Valor nutricional da guabiroba. Informe técnico, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131712/1/2015-folder-guabiroba-ef.pdf>.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization corporate statistical database**, 2021. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QP>. (Acesso em: 15 de julho de 2022).

FARIAS, D. de P. *et al.* A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125630, 2020.

FRYER, P. J.; ROBBINS, P. T. Heat transfer in food processing: Ensuring product quality and safety. **Applied Thermal Engineering**, v. 25, n. 16, p. 2499–2510, 2005.

HAAS, I. C. DA S. *et al.* Gravitational assisted three-stage block freeze concentration process for producing enriched concentrated orange juice (*Citrus sinensis* L.): multi-elemental profiling and polyphenolic bioactives. **Journal of Food Engineering**, v. 315, p. 110802, 2022.

HABIB, B; FARID, M. Freeze concentration of milk and saline solutions in a liquid–solid fluidized bed: part II. Modelling of ice removal. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 47, p. 539-547, 2008.

IGARTÚA, D. E.; CABEZAS, D. M.; PALAZOLO, G. G. Effects of pH, protein:polysaccharide ratio, and NaCl-added concentration on whey protein isolate and soluble soybean polysaccharides electrostatic-complexes formation. **Food Chemistry Advances**, v.1, p. 100123, 2022.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, p. 153-163, 2006.

LIZ, G. R. de *et al.* Stability of bifidobacteria entrapped in goat's whey freeze concentrate and inulin as wall materials and powder properties. **Food Research International**, v. 127, p. 108752, 2020.

MEENA, L. *et al.* Pineapple pomace powder (freeze-dried): effect on the texture and rheological properties of set-type yogurt. **Food Chemistry Advances**, v.1, p. 100101, 2022.

MORENO, F. L. *et al.* Volatile compounds, sensory quality and ice morphology in falling-film and block freeze concentration of coffee extract. **Journal of Food Engineering**, v. 166, p. 64-71, 2015.

MUNIZ, C. R. *et al.* Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 2, 2002.

NETO, E. F. de A. *et al.* Elaboração de bebida alcoólica fermentada de jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam.*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 2, 17 dez. 2010.

NING, X. *et al.* Fortification of set yogurt with passion fruit juice: effects on fermentation kinetics, physicochemical properties, and functionality. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. e p. 4084-4093, 2021.

OKPALA, C. O. R.; PIGGOTT, J. R.; SCHASCHKE, C. J. Influence of high-pressure processing

(HPP) on physico-chemical properties of fresh cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, p. 61–67, 2010.

OLIVEIRA, L. A. *et al.* Elaboração de bebida fermentada utilizando calda residual da desidratação osmótica de abacaxi (*Ananas comosus* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 1, 2012.

PATRA, J. K. *et al.* Selected commercial plants: A review of extraction and isolation of bioactive compounds and their pharmacological market value. **Trends in Food Science & Technology**, v. 82, p. 89–109, 2018.

PEREIRA, M. C. *et al.* Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the myrtaceae Family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

PRESTES, A. A. *et al.* Influence of guabiroba pulp (*Campomanesia xanthocarpa* o. Berg) added to fermented milk on probiotic survival under *in vitro* simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 141, p. 110135, 2021.

RAVENTÓS, M. *et al.* Concentration of aqueous sugar solutions in a multi-plate cryoconcentrator, **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 577-585, 2007.

ROBLES, C. M. *et al.* Ice morphology modification and solute recovery improvement by heating and annealing during block freeze-concentration of coffee extracts. **Journal of Food Engineering**, v. 189, p. 72-81, 2016.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoid analysis in Foods**. Washington: Ilsi, 2001,64p.

SAMSURI, S., N.A.; AMRAN, N. A.; JUSOH, M. Spiral finned crystallizer for progressive freeze concentration process. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 104, p. 280-286, 2015.

SÁNCHEZ, J. *et al.* Progressive freeze concentration of orange juice in a pilot plant falling film. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 644–651, 2010.

SILVA, M. R. Caracterização química de frutos nativos do Cerrado. *Ciência Rural*, v. 38, n. 6, p. 135-140, 2008.

SILVEIRA, S. M. *et al.* Brazilian native species as potential new sources of natural antioxidant and antimicrobial agents. *Acta Alimentaria*, v. 48, p. 507–514, 2019.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, 1965.

SMITHERS, G.W. Whey-ing up the options—yesterday, today and tomorrow. *International Dairy Journal*, v. 48, p. 2-14, 2015.

SOUZA, C. H. B.; SAAD, S. M. I. Viability of *Lactobacillus acidophilus* La-5 added solely or in co-culture with a yoghurt starter culture and implications on physico-chemical and related properties of Minas fresh cheese during storage. *LWT - Food Science and Technology*, v. 42, p. 633-640, 2009.

STINCO, C. M. *et al.* Bioaccessibility of carotenoids, vitamin A and α -tocopherol, from commercial milk-fruit juice beverages: contribution to the recommended daily intake. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 78, p. 24-32, 2019.

THAO, M. H. *et al.* Effect of pH and heat treatment on physicochemical and functional properties of spray-dried whey protein concentrate powder. *International Dairy Journal*, v. 119, p. 105063, 2021.

BERTAGNOLLI, S. M. M. **Bebidas fermentadas de goiaba: compostos bioativos, caracterização volátil e aproveitamento de resíduos.** Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3397>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

FIGUEIREDO, H. R.; CARVALHO, V. R. J. DE. ALIMENTOS FUNCIONAIS: Compostos bioativos e seus efeitos benéficos à saúde. repositorio.unis.edu.br, 14 maio 2015.