

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

THAÍS ESTÉFANE FISCHER

DESENVOLVIMENTO DE SORBET FUNCIONAL SIMBIÓTICO À BASE DE MAÇÃ COM
ADIÇÃO DE POLPAS DE CEREJA DO RIO GRANDE (*Eugenia involucrata*) e PITANGA
(*Eugenia uniflora*)

PONTA GROSSA

2026

THAÍS ESTÉFANE FISCHER

DESENVOLVIMENTO DE SORBET FUNCIONAL SIMBIÓTICO À BASE DE MAÇÃ COM
ADIÇÃO DE POLPAS DE CEREJA DO RIO GRANDE (*Eugenia involucrata*) e PITANGA
(*Eugenia uniflora*)

Tese apresentada para obtenção do título de doutora em
Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade
Estadual de Ponta Grossa, Área de Ciência e Tecnologia de
Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Aline Alberti.

PONTA GROSSA

2026

F529 Fischer, Thaís Estéfane
Desenvolvimento de sorbet funcional simbiótico à base de maçã com adição de polpas de Cereja do Rio Grande (*Eugenia involucrata*) e Pitanga (*Eugenia uniflora*) / Thaís Estéfane Fischer. Ponta Grossa, 2026.
118 f.

Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Alberti.

1. Inulina. 2. Compostos fenólicos. 3. Atividade antioxidante. 4. *Lactobacillus acidophilus*. I. Alberti, Aline. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ciências e Tecnologia de Alimentos. III.T.

CDD: 664

TERMO DE APROVAÇÃO

THAÍS ESTÉFANE FISCHER

“Desenvolvimento de sorbet funcional simbiótico à base de maçã com adição de polpas de Cereja do Rio Grande (*Eugenia involucrata*) e Pitanga (*Eugenia uniflora*)”

Tese aprovada como requisito para obtenção do grau de Doutor(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Profa. Dra. Aline Alberti

Documento assinado digitalmente
 **ALINE ALBERTI**
Data: 05/05/2026 13:58:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Aline Alberti - UEPG-PR - Presidente

Documento assinado digitalmente
 **ACACIO ANTONIO FERREIRA ZIELINSKI**
Data: 06/05/2026 06:10:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Acácio Antonio Ferreira Zielinski - UFSC-SC - Membro Titular Externo

Documento assinado digitalmente
 **Juliano de Dea Lindner**
Data: 05/05/2026 14:50:59-0300
CPF: ***.432.649-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Juliano de Dea Lindner - UFSC-SC - Membro Titular Externo

Documento assinado digitalmente
 **RENATA DINNIES SANTOS SALEM**
Data: 06/05/2026 10:49:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Renata Dinnies Santos Salem - UEPG-PR - Membro Titular Interno

Documento assinado digitalmente
 **ALESSANDRO NOGUEIRA**
Data: 05/05/2026 15:07:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alessandro Nogueira - UEPG-PR - Membro Titular Interno

Ponta Grossa, 05 de maio de 2026.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sou profundamente grata por Sua presença constante, concedendo-me força, saúde e perseverança para superar os desafios que surgiram ao longo desta caminhada.

À minha mãe, Maldi Weiss, por todo incentivo ao longo desta trajetória e em todos os momentos da minha vida. Serei eternamente grata por seu amor, apoio e dedicação!

Ao Maycon Willian Orlonski por todo apoio, companheirismo e por estar sempre ao meu lado nos momentos mais importantes desta jornada.

À minha orientadora, Dra. Aline Alberti, pelas orientações, ensinamentos, confiança e amizade ao longo destes anos.

Aos professores Dra. Renata Salem, Dr. Alessandro Nogueira, Dr. Acácio Zielinski e Dr. Juliano Lindner, pelas valiosas contribuições e conhecimentos compartilhados.

À Alessandra Pacheco, aluna de iniciação científica, pelo acompanhamento e auxílio durante parte do desenvolvimento deste projeto.

Ao Dr. Américo Wagner Junior e ao Grupo Myrtaceae, pela doação das amostras de frutas nativas utilizadas neste estudo.

À GlobalFood e ao Rubens, pela doação do sistema de espessantes e estabilizante, fundamental para a realização desta pesquisa.

Aos colegas e amigos do Grupo de Trabalho sobre a Maçã e da Escola Tecnológica de Leite e Queijos dos Campos Gerais, pelo convívio, apoio e troca de conhecimentos.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela infraestrutura e suporte oferecidos para a realização deste trabalho.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos pelo apoio, incentivo e companheirismo ao longo desta jornada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste projeto e para a minha formação pessoal e profissional.

Muito obrigada!

RESUMO

A Cereja do Rio Grande (*Eugenia involucrata*) e a Pitanga (*Eugenia uniflora*) apresentam propriedades bioativas, tecnológicas e nutricionais, além de agregarem sabor, aroma e cor aos produtos formulados com seus frutos. Com a crescente demanda por alimentos saudáveis, o sorbet se destaca devido à ausência de gorduras, baixo teor de açúcares e elevada concentração de frutas, representando uma matriz promissora para a incorporação de ingredientes funcionais. A maçã, por sua elevada produção e características tecnológicas, nutricionais e sensoriais, pode ser utilizada como ingrediente base, reduzindo a adição de açúcares por contribuir com dulçor natural. Nesse sentido, o objetivo consistiu em avaliar o potencial da *E. involucrata* e *E. uniflora* no desenvolvimento de sorbet simbiótico. A aptidão do mosto de maçã Gala (*Malus domestica*) foi verificada através do sorbet fermentado com *Lactobacillus acidophilus* LA85 adicionado ou não de inulina e/ou sistema de espessantes e estabilizante. A fermentação láctica reduziu significativamente os teores de frutose (10%), sacarose (21%) e ácido málico (29%), com aumento do teor de glicose (57%) e dos ácidos láctico (71%) e acético (15,45 g/L). *L. acidophilus* LA85 se manteve estável nas amostras adicionadas de inulina ou sistema de espessantes e estabilizante e combinação de ambos, com viabilidade celular média de $2,7 \times 10^6$ UFC/mL após 90 dias de congelamento (-18 °C), indicando um efeito protetor promovido pelos ingredientes durante o armazenamento. A adição de inulina aumentou o teor de sólidos solúveis (47%), o overrun (13%), enquanto o sistema de espessantes e estabilizante aumentou a resistência à fusão (18%) e o overrun (71%). O sorbet potencialmente probiótico adicionado dos ingredientes apresentou elevada aceitação sensorial (> 90%), especialmente quanto à textura. A polpa da *E. involucrata* e *E. uniflora* foram caracterizadas em relação a parâmetros físico-químicos, composição fenólica e atividade antioxidante, apresentam cor roxa escura e laranja, respectivamente, e maiores valores de compostos fenólicos totais (656 mg ACG/kg), flavonoides totais (151 mg CTE/kg) e atividade antioxidante (ABTS = 4554 µmol TE/kg, FRAP = 3885 µmol TE/kg) foram obtidos para a polpa de *E. involucrata*, além da presença de antocianinas (67 mg C3G/kg). O sorbet com 38% de polpa apresentou aumento do teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante, com maiores valores para o sorbet com *E. involucrata* (486 mg ACG/kg, 117 mg CTE/kg, 2731 µmol TE/kg e 2384 µmol TE/kg para compostos fenólicos totais, flavonoides totais, ABTS e FRAP, respectivamente), que apresentaram liberação significativa da matriz do sorbet em todas as fases da digestibilidade *in vitro*. As polpas das frutas influenciaram o pH, acidez, densidade, resistência à fusão, overrun, cor, perfil de textura e aceitação sensorial dos sorbets, atribuídas ao amargor, acidez e textura. Apesar de a cepa probiótica apresentar redução em sua viabilidade após a incorporação da polpa, os níveis celulares permaneceram acima da concentração mínima para a manutenção do potencial probiótico. As polpas de *E. involucrata* e *E. uniflora* promoveram melhora nas propriedades bioativas e tecnológicas do sorbet, reforçando sua aplicabilidade no desenvolvimento de alimentos funcionais e contribuindo para a base científica e valorização de espécies nativas brasileiras.

Palavras-chave: Inulina. Compostos fenólicos. Atividade antioxidante. *Lactobacillus acidophilus*.

ABSTRACT

The Cereja do Rio Grande (*Eugenia involucrata*) and the Pitanga (*Eugenia uniflora*) possess bioactive, technological, and nutritional properties, in addition to adding flavor, aroma, and color to products formulated with their fruits. With the growing demand for healthy foods, sorbet stands out due to its lack of fats, low sugar content, and high fruit concentration, representing a promising matrix for incorporating functional ingredients. The apple, due to its high production and technological, nutritional, and sensory characteristics, can be used as a base ingredient, reducing the addition of sugars by contributing natural sweetness. In this context, the objective was to evaluate the potential of *E. involucrata* e *E. uniflora* in the development of symbiotic sorbet. The suitability of Gala apple (*Malus domestica*) must in the development of probiotic sorbet was assessed through sorbet fermented with *Lactobacillus acidophilus* LA85, with or without the addition of inulin and/or a thickening and stabilizing system. Lactic fermentation significantly reduced the levels of fructose (10%), sucrose (21%), and malic acid (29%), with an increase in glucose (57%) and lactic (71%) and acetic (15.45 g/L) acids. *L. acidophilus* LA85 remained stable in samples supplemented with inulin or a thickener and stabilizer system, or a combination of both, with an average cell viability of 2.7×10^6 CFU/mL after 90 days of freezing (-18 °C), indicating a protective effect provided by the ingredients during storage. The addition of inulin increased soluble solids content (47%) and overrun (13%), while the thickening and stabilizing system increased melt resistance (18%) and overrun (71%). The potentially probiotic sorbet made with these ingredients showed high sensory acceptance (> 90%), especially regarding texture. The pulp of the *E. involucrata* and *E. uniflora* was characterized in terms of physicochemical parameters, phenolic composition, and antioxidant activity, they exhibit dark purple and orange colors, respectively, and higher values of total phenolic compounds (656 mg ACG/kg), total flavonoids (151 mg CTE/kg), and antioxidant activity (ABTS = 4554 μ mol TE/kg, FRAP = 3885 μ mol TE/kg) were obtained for the *E. involucrata* pulp, in addition to the presence of anthocyanins (67 mg C3G/kg). The sorbet containing 38% pulp showed increased levels of phenolic compounds and antioxidant activity, with higher values for the sorbet containing *E. involucrata* (486 mg ACG/kg, 117 mg CTE/kg, 2731 μ mol TE/kg, and 2384 μ mol TE/kg for total phenolic compounds, total flavonoids, ABTS, and FRAP, respectively), which showed significant release from the sorbet matrix in all phases of *in vitro* digestibility. The fruit pulps influenced the pH, acidity, density, melt resistance, overrun, color, texture profile, and sensory acceptance of the sorbets, which were attributed to bitterness, acidity, and texture. Although the probiotic strain showed a reduction in viability after pulp incorporation, cells levels remained above the minimum concentration required to maintain probiotic potential. The pulps of *E. involucrata* and *E. uniflora* improved the bioactive and technological properties of the sorbet, reinforcing their applicability in the development of functional foods and contributing to the scientific basis and valorization of native Brazilian species.

Keywords: Inulin. Phenolic compounds. Antioxidant activity. *Lactobacillus acidophilus*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Maçã Gala: árvore (A) e frutos (B)	23
Figura 2 - <i>Eugenia involucrata</i> : árvore (A), flores (B) e frutas (C e D)	25
Figura 3 - <i>Eugenia uniflora</i> : árvore (A), flores (B) e frutas (C e D)	26
Figura 4 - Fluxograma geral da obtenção de diferentes formulações de sorbet de maçã	35
Figura 5 – Fotos das formulações de sorbet de maçã	50
Gráfico 1 - Contagem de bactérias láticas durante o armazenamento	56
Figura 6 - Frequência de notas dos resultados da Escala do Ideal para as formulações de sorbet de maçã	59
Figura 7 - Fluxograma geral da obtenção de sorbet de maçã (A) e de maçã adicionado de frutas da Cereja do Rio Grande (<i>Eugenia involucrata</i>) e Pitanga (<i>E. uniflora</i>) (B)	64
Figura 8 - Polpa de Cereja do Rio Grande e Pitanga e amostras de sorbet	76
Gráfico 2 - Contagem de bactérias láticas durante o armazenamento	78
Figura 9 - Nuvens de palavras dos atributos mais (coluna esquerda) e menos (coluna direita) apreciados para as amostras Sorbet Controle (A), Sorbet <i>E. involucrata</i> (B) e Sorbet <i>E. uniflora</i> (C)	80
Gráfico 3 - Biplot da análise de componentes principais (PCA) dos atributos sensoriais avaliados pelo método RATA para as amostras de sorbet.....	83
Gráfico 4 - Peso de cada avaliador na análise RATA de amostras de sorbet.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional da maçã	23
Tabela 2 - Composição fenólica de extratos obtidos da polpa de <i>E. involucrata</i> e <i>E. uniflora</i> ..	28
Tabela 3 - Carotenoides identificados na polpa de <i>E. uniflora</i>	29
Tabela 4 - Formulações de sorbet de maçã	36
Tabela 5 - Compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidante (ABTS, FRAP e CUPRAC) em diferentes tratamentos de sorbet de maçã	43
Tabela 6 - Parâmetros físico-químicos (pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, densidade, resistência à fusão e <i>overrun</i>) de sorbet de maçã	49
Tabela 7 - Parâmetros de cor (coordenada vermelho/verde (a*), coordenada amarelo/azul (b*), luminosidade (L), ângulo hue (h) e Chroma (C)) de diferentes tratamentos de sorbet de maçã	49
Tabela 8 - Parâmetros de textura (dureza, adesividade, coesividade e gomosidade) em diferentes tratamentos de sorbet de maçã	52
Tabela 9 - Teores de ácidos orgânicos e açúcares em duas formulações de sorbet de maçã	53
Tabela 10 - Resultados da preferência das formulações de sorbet por atributos	58
Tabela 11 - Resultados da avaliação sensorial para a Escala do Ideal das formulações de sorbet de maçã.....	58
Tabela 12 - Formulações de sorbet de maçã e sorbet adicionado de polpa de <i>E. involucrata</i> e <i>E. uniflora</i>	65
Tabela 13 - Compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC), antocianinas totais (AT) e atividade antioxidante (ABTS, FRAP e CUPRAC) e carotenoides (β -caroteno e licopeno) de polpa <i>E. involucrata</i> e <i>E. uniflora</i> e amostras de sorbet	71
Tabela 14 - Bioacessibilidade <i>in vitro</i> do Sorbet Controle, Sorbet <i>E. involucrata</i> e Sorbet <i>E. uniflora</i> baseadas no teor de compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidante relativa (ABTS e FRAP)	73
Tabela 15 - Parâmetros físico-químicos da polpa de <i>E. involucrata</i> e <i>E. uniflora</i> e das amostras de sorbet	74
Tabela 16 - Parâmetros de textura (dureza, adesividade, coesividade e gomosidade) de sorbet de maçã e de maçã adicionado de frutas nativas brasileiras	77
Tabela 17 - Teores de ácidos orgânicos e açúcares da polpa de <i>E. involucrata</i> e <i>E. uniflora</i> ...	78
Tabela 18 - Resultados da aceitabilidade sensorial das amostras de sorbet	79

Tabela 19 - Resultados do teste de Cochran e das comparações múltiplas (procedimento da diferença crítica de Sheskin) para os atributos sensoriais avaliados pelo método CATA	82
Tabela 20 - Resultados da análise de variância (ANOVA) para os atributos sensoriais avaliados pelo método RATA para as amostras de sorbet	84

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
OBJETIVOS	14
 CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA	 15
1.1 SORBET	15
1.2 ALIMENTOS PREBIÓTICOS	16
1.3 ALIMENTOS PROBIÓTICOS	18
1.3.1 <i>Lactobacillus acidophilus</i> LA85	21
1.4 MAÇÃ (<i>Malus domestica</i>).....	22
1.5 CEREJA DO RIO GRANDE (<i>Eugenia involucrata</i>).....	24
1.6 PITANGA (<i>Eugenia uniflora</i>).....	25
1.7 COMPOSTOS FENÓLICOS	27
1.8 CAROTENOIDES	28
1.9 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	29
1.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
 CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO DE SORBET DE MAÇÃ SIMBIÓTICO	 32
RESUMO	32
2.1 INTRODUÇÃO	32
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS	34
2.2.1 Materiais	34
2.2.2 Métodos	34
2.2.2.1 Obtenção do mosto de maçã	35
2.2.2.2 Fermentação do mosto de maçã com probiótico	35
2.2.2.3 Elaboração do sorbet de maçã	36
2.2.2.4 Caracterização fenólica	36
2.2.2.5 Atividade antioxidante <i>in vitro</i>	37
2.2.2.6 Caracterização físico-química	38
2.2.2.7 Análise de cor	40
2.2.2.8 Perfil de textura	40
2.2.2.9 Propriedades tecnológicas do sorbet	40
2.2.2.10 Análise microbiológica	41

2.2.2.11	Análise sensorial	41
2.2.2.12	Análise estatística	42
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
2.3.1	Caracterização Fenólica e Atividade Antioxidante	42
2.3.2	Caracterização Físico-Química, Análise de Cor, Perfil de Textura e Propriedades Tecnológicas do Sorbet	45
2.3.3	Análise Microbiológica	53
2.3.4	Avaliação Sensorial	56
2.4	CONCLUSÃO	60

CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DE SORBET DE MAÇÃ SIMBIÓTICO ADICIONADO DE POLPA DE FRUTAS NATIVAS BRASILEIRAS ...61

RESUMO	61
3.1 INTRODUÇÃO	61
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	63
3.2.1 Materiais	63
3.2.2 Métodos	63
3.2.2.1 Obtenção da polpa de <i>E. involucrata</i> e <i>E. uniflora</i>	64
3.2.2.2 Elaboração do sorbet de maçã com frutas nativas brasileiras	64
3.2.2.3 Caracterização fenólica	65
3.2.2.4 Carotenoides	66
3.2.2.5 Atividade antioxidante <i>in vitro</i>	66
3.2.2.6 Ensaio de digestibilidade <i>in vitro</i>	67
3.2.2.7 Caracterização físico-química, análise de cor, perfil de textura e propriedades tecnológicas do sorbet	68
3.2.2.8 Análise microbiológica	68
3.2.2.9 Análise sensorial	68
3.2.2.10 Análise estatística	69
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.3.1 Caracterização Fenólica e Atividade Antioxidante <i>in vitro</i>	70
3.3.2 Bioacessibilidade <i>in vitro</i>	72
3.3.3 Caracterização Físico-Química, Análise de Cor, Perfil de Textura e Propriedades Tecnológicas do Sorbet	73
3.3.4 Análise Microbiológica	78

3.3.5	Avaliação Sensorial.....	79
3.4	CONCLUSÃO	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS		87
REFERÊNCIAS		88
APÊNDICE A – FORMULÁRIO ANÁLISE SENSORIAL CAPÍTULO 2		108
APÊNDICE B – FORMULÁRIO ANÁLISE SENSORIAL CAPÍTULO 3		114
ANEXO A – FICHA TÉCNICA INULINA		115
ANEXO B – FICHA TÉCNICA SISTEMA DE ESPESSANTES E ESTABILIZANTE ...		117

INTRODUÇÃO

A Cereja do Rio Grande (*Eugenia involucrata*) e a Pitanga (*Eugenia uniflora*), ambas espécies nativas brasileiras pertencentes à família Myrtaceae, produzem frutas com aroma intenso e de gosto doce e ácido. Porém, são altamente propensas à perecibilidade de forma a dificultar a comercialização *in natura* das frutas destas espécies. Assim, o desenvolvimento de produtos alimentícios pode ser uma alternativa para superar estes obstáculos e valorizar as espécies de *Eugenia* spp., obtendo produtos altamente aromáticos e potencialmente bioativos, devido ao conteúdo fenólico presente nestas matrizes vegetais.

O sorbet representa uma possibilidade de produto que pode ser obtido com as frutas, agregando valor e constituindo uma opção saudável destinada a todos os consumidores, com enfoque especial a crianças e pessoas com restrições alimentares relacionadas ao leite e derivados. Além disso, estes podem ser adicionados de prebióticos e/ou probióticos, conferindo benefícios à saúde, com destaque à manutenção da microbiota saudável.

Alimentos fonte de compostos bioativos, como os presentes em espécies de *Eugenia* spp. podem ser uma excelente alternativa para auxiliar na prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, como câncer, doenças cardiovasculares e degenerativas, uma vez que os compostos fenólicos, principalmente os pertencentes à classe dos flavonoides, apresentam atividades antiglicêmica, antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, antiobesidade, antiproliferativa e anti-hipertensiva. A *E. involucrata* e *E. uniflora* contêm compostos fenólicos pertencentes à classe dos ácidos fenólicos (ácidos gálico, protocatecuico, ferúlico, *p*-cumárico e elágico) e flavonoides (quercetina, quercitrina, kaempferol, miricetina e antocianinas). Além disso, as frutas são fonte de vitamina C e carotenoides, como licopeno, carotenos e criptoxantinas.

Além da presença de compostos bioativos naturalmente encontrados nas frutas, a incorporação de ingredientes funcionais representa uma estratégia adicional para o desenvolvimento de alimentos com potencial benéfico à saúde. Nesse contexto, os prebióticos e probióticos ocupam uma posição de destaque por sua atuação na modulação da microbiota intestinal. Os probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro, enquanto os prebióticos correspondem a substratos utilizados por microrganismos benéficos, favorecendo seu crescimento e atividade metabólica. A incorporação desses ingredientes em produtos alimentícios representa uma estratégia promissora para o desenvolvimento de alimentos funcionais, especialmente em matrizes vegetais, que atendem à crescente demanda por produtos saudáveis e inovadores.

Entre os prebióticos mais empregados na indústria de alimentos, a inulina destaca-se por sua capacidade de estimular seletivamente o crescimento de bactérias benéficas no intestino, além de contribuir para características tecnológicas desejáveis, como melhoria da textura e da estabilidade dos produtos. Entre os microrganismos probióticos, espécies do gênero *Lactobacillus* são amplamente utilizadas devido à sua segurança e aos potenciais benefícios à saúde. Dessa forma, a associação entre inulina e *Lactobacillus acidophilus* caracteriza uma formulação simbiótica, podendo resultar em sorbets com propriedades funcionais e sensoriais atrativas, agregando valor nutricional e tecnológico ao alimento.

A elevada acidez dos frutos de *E. involucrata* e *E. uniflora* motiva o desenvolvimento de produtos em combinação com outras matrizes vegetais visando a obtenção de produtos com sabor equilibrado. A maçã tem sido amplamente empregada como base na formulação de diversos produtos alimentícios, reduzindo a utilização de açúcares refinados, uma vez que contribui com dulçor natural, além de suavizar o sabor mais acentuado das frutas nativas.

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aptidão tecnológica da Cereja do Rio Grande (*E. involucrata*) e Pitanga (*E. uniflora*) para obtenção de sorbet simbiótico de maçã adicionado de frutas nativas e avaliar o produto final no que tange o perfil fenólico, atividades bioativas, aspectos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sorbet de maçã simbiótico e avaliar a aptidão tecnológica da Cereja do Rio Grande (*E. involucrata*) e Pitanga (*E. uniflora*) para obtenção de sorbet com potencial funcional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a fermentação láctica do mosto de maçã Gala (*Malus domestica*) com cultura probiótica (*Lactobacillus acidophilus* LA85);
- Avaliar a melhor combinação de cultura probiótica, inulina e sistema de espessantes e estabilizante (goma guar, goma xantana e carboximetilcelulose sódica) na elaboração de sorbets de maçã;
- Caracterizar a polpa de frutos da *E. involucrata* e *E. uniflora* com relação a parâmetros físico-químicos, composição fenólica e atividade antioxidante;
- Desenvolver um sorbet funcional de maçã adicionado de polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora*;
- Realizar a caracterização físico-química, fenólica e antioxidante dos sorbets com frutas nativas brasileiras;
- Realizar as análises microbiológica e sensorial dos sorbets com frutas nativas brasileiras.

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados temas relacionados ao estado da arte do sorbet e suas principais características, em seguida alimentos prebióticos e alimentos probióticos. Posteriormente, serão apresentadas a descrição e informações acerca da caracterização da maçã (*Malus domestica*), Cereja do Rio Grande (*E. involucrata*) e Pitanga (*E. uniflora*). Finalizando, são apresentadas as principais classes de compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante.

1.1 SORBET

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS), o setor brasileiro de sorvetes e gelatos é composto por mais de 11 mil empresas, sendo aproximadamente 92% classificadas como micro e pequenas empresas. O segmento movimenta mais de R\$ 14 bilhões por ano e gera cerca de 100 mil empregos diretos e 200 mil indiretos no país. Em relação ao consumo, a região Sudeste concentra a maior participação nacional (52%), seguida pelas regiões Nordeste (19%), Sul (15%), Centro-Oeste (9%) e Norte (5%). Em 2022, o consumo brasileiro de sorvetes atingiu aproximadamente 1,036 bilhão de litros, correspondendo a um consumo per capita de 4,99 litros por habitante ao ano (ABIS, [s.d.]).

Os gelados comestíveis consistem em “produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma mistura de água e açúcares” (Brasil, 2022). Assim, o sorbet, popularmente conhecido como um produto feito com frutas e sem componentes lácteos, pode ser feito sem a adição de açúcares, melhorando seu perfil nutricional e representando uma alternativa de sobremesa para consumidores que buscam uma alimentação mais saudável, bem como para aqueles que são intolerantes ou alérgicos a leite e derivados.

O sorbet diferencia-se de outros gelados comestíveis, como o sorvete, em decorrência de ingredientes utilizados na formulação do produto, os quais impactam em características sensoriais, principalmente relacionados à textura. A gordura presente no sorvete promove uma textura cremosa e suave e fornece estrutura, proporcionando retenção de forma, resistência ao rápido colapso estrutural durante o derretimento e secura (Goff, 2018). Substitutos de gordura, como amidos modificados e gomas, podem ser utilizados em sorbets para melhorar a textura e maciez do produto, se assemelhando ao perfil de textura do sorvete.

Nos últimos anos, tem havido um interesse crescente em adotar um estilo de vida mais saudável, o que leva muitas pessoas a reduzir ou eliminar o consumo de açúcar. Essa mudança

está associada a diversos benefícios à saúde, incluindo melhor controle glicêmico e redução do risco de doenças crônicas, como obesidade, síndrome metabólica, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares (Schmidt *et al.*, 2023; Rippe; Angelopoulos, 2016; Ma *et al.*, 2022).

Nesse contexto, o sorbet surge como uma alternativa de sobremesa adequada para esse público, pois é elaborado basicamente a partir de frutas, como o suco de maçã. O suco de maçã, incluindo sua forma concentrada, é amplamente utilizado na indústria alimentícia como adoçante natural, contribuindo com dulçor aos produtos sem a necessidade de adicionar açúcares refinados. Além disso, a maçã é uma fonte de compostos bioativos, os quais agregam propriedades funcionais e sensoriais ao produto (Zielinski *et al.*, 2018).

Ademais, para agregar mais sabor, textura e aspectos nutricionais, os sorbets podem ainda ser formulados com polpas de frutas, incluindo aquelas exóticas e locais, de modo a valorizar as frutas nativas. Desse modo, pequenos e médios produtores podem empregar um modelo de produção de gelados comestíveis que utilize frutas como a *E. involucrata* e *E. uniflora*, os quais são altamente frágeis e perecíveis, de modo a fornecer uma renda extra e maior valor agregado, ao mesmo tempo que valoriza as matérias-primas locais, aumentando o conhecimento e popularização destas culturas.

1.2 ALIMENTOS PREBIÓTICOS

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), alimentos prebióticos consistem em “nutrientes e não nutrientes com alegação funcional que podem ser nomeados como ácidos graxos, carotenoides, fibras alimentares, polióis e proteína de soja. Dentre as fibras alimentares, a inulina consiste em um “prebiótico que contribui para o equilíbrio da flora intestinal” (Brasil, 2019).

O consumo regular de prebióticos pode conferir efeitos benéficos à saúde, tais como modulação da microbiota intestinal (Abernathy *et al.*, 2019; Paiva *et al.*, 2024; Khalil *et al.*, 2021; Trachsel *et al.*, 2019; Lai *et al.*, 2023), melhora de parâmetros metabólicos (Khalil *et al.*, 2021; Hul *et al.*, 2020; Lai *et al.*, 2023), redução da inflamação (Hul *et al.*, 2020; Paiva *et al.*, 2024; Lai *et al.*, 2023; Silveira *et al.*, 2017), melhora do humor promovida pela modulação do eixo microbiota-intestino-cérebro (Paiva *et al.*, 2024), promoção da saúde óssea pela melhora da absorção de minerais (Legette *et al.*, 2012), melhora da função imunológica (Trachsel *et al.*, 2019), redução de sintomas de distúrbios gastrointestinais e outras doenças crônicas (Lai *et al.*, 2023; Silveira *et al.*, 2017).

Os prebióticos, em geral, são considerados componentes seguros, com baixa incidência de efeitos adversos graves ou risco de vida associado ao seu consumo. Em decorrência de sua não digestão pelas enzimas intestinais, oligossacarídeos e polissacarídeos prebióticos chegam ao cólon praticamente intactos, onde são fermentados pela microbiota intestinal. Essa fermentação láctica pode desencadear efeitos colaterais leves a moderados, atribuídos principalmente à atividade osmótica dos compostos, incluindo flatulência, distensão abdominal, cólica e diarreia (Davani-Davari *et al.*, 2019).

A ocorrência e intensidade destes efeitos estão relacionados a fatores como o comprimento da cadeia molecular e dose administrada. Prebióticos de cadeia curta tendem a ser fermentados rapidamente no cólon proximal, o que pode intensificar os sintomas gastrointestinais, enquanto os de cadeia longa são fermentados de forma mais gradual no cólon distal, geralmente com menor impacto clínico (Davani-Davari *et al.*, 2019).

A alegação de propriedade funcional pode ser utilizada sob a condição de fornecimento do mínimo da recomendação de consumo diário do produto pronto, o qual corresponde a 5 g de inulina, onde a porção deve oferecer no mínimo 2,5 g de inulina. Ademais, o máximo permitido na recomendação diária do produto corresponde a 30 g, sendo aconselhado seu consumo associado a hábitos saudáveis (Brasil, 2019).

A inulina consiste em um polissacarídeo formado principalmente de frutose e uma molécula de glicose terminal. Encontrada em mais de 30 mil plantas, a inulina comercial é obtida majoritariamente da alcachofra de Jerusalém, chicória e yacon (Teferra, 2021). A redução da ingestão calórica quando utilizada como substituta de gordura e açúcar, atividades antioxidante e anti-inflamatória, redução de níveis de lipídeos e colesterol são alguns dos benefícios relacionados ao consumo da inulina (Franck, 2002; Pasqualetti *et al.*, 2014; Femia *et al.*, 2002, Teferra, 2021).

O mecanismo de ação da inulina quanto prebiótica compreende o estímulo seletivo do crescimento de microrganismos benéficos em detrimento dos prejudiciais, de modo a influenciar positivamente a saúde do cólon. As principais bactérias que apresentam efeitos benéficos quando presentes no cólon consistem nas cepas do gênero *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus* (Teferra, 2021).

Embora os prebióticos sejam frequentemente estudados como terapias isoladas ou em combinação com probióticos, sua segurança é geralmente superior à dos probióticos, especialmente em populações vulneráveis. Diferente dos probióticos, que podem resultar em riscos de infecções oportunistas em pacientes imunocomprometidos, desnutrição grave ou com

barreiras intestinais comprometidas, tais complicações não têm sido observadas em estudos clínicos envolvendo exclusivamente prebióticos (Davani-Davari *et al.*, 2019; Tsai *et al.*, 2019).

1.3 ALIMENTOS PROBIÓTICOS

Segundo a RDC nº 243/2018 e a FAO/WHO, probióticos são “microrganismos vivos que, quando administrado em quantidades adequadas, confere um benefício à saúde do indivíduo” (Brasil, 2018; FAO/WHO, 2006). As características que definem um microrganismo como probiótico são cruciais para sua eficácia e aplicação.

As principais características dos probióticos compreendem o fornecimento de benefícios para a saúde por meio de propriedades funcionais (Shruthi *et al.*, 2022, Sanders, 2008, Saarela *et al.*, 2000), viabilidade e sobrevivência (Kaya *et al.*, 2022, Tsifintaris *et al.*, 2024), adesão à mucosa intestinal (Kaya *et al.*, 2022), segurança, propriedades tecnológicas e sensoriais (Saarela *et al.*, 2000). Os principais microrganismos probióticos pertencem aos gêneros *Lactobacillus* (*L. acidophilus*), *Lactocaseibacillus* (*Lcb. rhamnosus*), *Limosilactobacillus* (*Lmb. fermentum*), *Lactiplantibacillus* (*Lpb. plantarum*), *Bifidobacterium* (*B. bifidum*, *B. breve*, *B. infantis*), *Saccharomyces* (*S. boulardii*) e *Streptococcus* (*S. thermophilus*) (Collins; Thornton; Sullivan, 1998; Zheng *et al.*, 2020).

O consumo de alimentos probióticos pode promover diversos efeitos benéficos à saúde. Os principais mecanismos de ação dos microrganismos probióticos incluem a regulação da microbiota intestinal (Plaza-Diaz *et al.*, 2019, Zyl *et al.*, 2020), função de barreira e motilidade intestinal (Ng *et al.*, 2008, Dimidi *et al.*, 2017), modulação do sistema imunológico (Plaza-Diaz *et al.*, 2019, Mazziotta *et al.*, 2023, Ng *et al.*, 2008), efeitos metabólicos (Plaza-Diaz *et al.*, 2019, Halloran; Underwood, 2019), potencial anticancerígeno (Molska; Regula, 2019).

Os microrganismos probióticos auxiliam na regulação da população microbiana em indivíduos com disbiose, resultando na prevenção e melhora de distúrbios e doenças digestivas, como enterocolite, doença inflamatória intestinal, diarreia, cólicas, intolerâncias e alergias (Plaza-Diaz *et al.*, 2019). Onze cepas de *Lactobacillus* foram efetivas na inibição da adesão de *E. coli* em um modelo *in vitro* de células epiteliais do intestino delgado humano com células Caco-2, inibindo também a indução da produção de interleucina 8 (IL-8) pela cepa patogênica (Tuo *et al.*, 2018). A administração de *L. reuteri* reduziu significativamente a ocorrência de enterocolite necrosante em filhotes prematuros de ratos (Shelby *et al.*, 2022), enquanto a administração de *L. acidophilus* foi capaz de atenuar os sintomas da enterocolite necrosante, a

apoptose intestinal e o nível de citocinas em ratos (Guo *et al.*, 2018). Além disso, os probióticos podem corrigir o desequilíbrio da flora intestinal, inibindo a proliferação de patógenos, prevenindo e tratando casos de diarreia (Gil-Campos *et al.*, 2012).

Os probióticos também podem ajudar na redução dos episódios de cólica em bebês. No estudo de Pärtty *et al.* (2015), observou-se que a concentração de *Bifidobacterium* foi significativamente maior no grupo controle. Além disso, bebês com cólica apresentaram colonização menos frequente por *B. breve* no início do estudo, em comparação com bebês saudáveis (13% versus 50%, respectivamente).

Microrganismos probióticos podem aliviar quadros de diarreia causados pela intolerância à lactose por diferentes mecanismos de ação, que incluem o aumento da atividade da lactase, digestão da lactose decorrente do aumento da capacidade hidrolítica geral do intestino delgado e do aumento da fermentação colônica, redução do teor de lactose em produtos fermentados e pelo aumento da enzima lactase ativa proveniente dos alimentos fermentados (Plaza-Diaz *et al.*, 2019; Hajare; Bekele, 2017; He *et al.*, 2008).

Os microrganismos probióticos desempenham efeitos benéficos nas funções de barreira, demonstrado pelo aumento da produção de muco, secreção de cloreto e água, ligação das células epiteliais em suas junções apicais por proteínas de junção estreita e melhora a integridade da barreira (Ng *et al.*, 2008). No estudo desenvolvido por Yan e Polk (2002), *L. rhamnosus* preveniu a apoptose induzida por citocinas em modelos de células epiteliais intestinais. Em relação à motilidade intestinal, probióticos podem afetar positivamente, especialmente em pessoas que sofrem de constipação. Dentre os fatores que influenciam na motilidade intestinal, destacam-se a função do sistema imunológico e nervoso, metabolismo dos ácidos biliares, secreção de muco, microbiota gastrointestinal e a fermentação, onde qualquer alteração do equilíbrio em qualquer um destes fatores pode resultar no acometimento de sintomas gastrointestinais (Dimidi *et al.*, 2017).

Os probióticos podem atuar na modulação do sistema imunológico, exercendo efeitos nas células epiteliais, dendríticas, monócitos/macrófagos e linfócitos (Ng *et al.*, 2008). Os mecanismos compreendem a ativação de macrófagos pela sinalização de probióticos, estímulo de células produtoras de imunoglobulina A e neutrófilos, da produção periférica de imunoglobulina e produção de muco, inibição da liberação de citocinas pró-inflamatórias (Mazziotta *et al.*, 2023), indução da produção de interleucina 12 (IL-12) pelos fagócitos (Molska; Regula, 2019).

Os probióticos podem influenciar o metabolismo por meio da produção de ácidos graxos de cadeia curta e ramificada. Esses metabólitos interagem com receptores em tecidos

periféricos, modulando a sensibilidade à insulina e potencialmente auxiliando no tratamento de distúrbios metabólicos como obesidade e diabetes tipo 2 (Plaza-Diaz *et al.*, 2019; Halloran; Underwood, 2019; Tomaro-Duchesneau *et al.*, 2013). Ademais, algumas cepas probióticas podem auxiliar na prevenção de alguns tipos de câncer, como câncer colorretal e de bexiga, modificando a microbiota intestinal, melhorando as condições do cólon e produzindo metabólitos anticancerígenos e antioxidantes, atenuando a inflamação intestinal (Molska; Regula, 2019). A cepa *L. fermentum* apresenta atividade anticancerígena significativa, sendo capaz de inibir o crescimento de células de câncer colorretal SW-480 em até 40% e induzir apoptose em aproximadamente 30% após 24 h de tratamento. Além disso, a cepa inibiu células Caco-2 em até 60% após 72 h, sem afetar células não neoplásicas do cólon (CRL-1831) (Kahouli *et al.*, 2015), demonstrando efeito antiproliferativo seletivo, reforçando seu potencial como agente terapêutico seguro em abordagens anticancerígenas.

Os microrganismos com ação probiótica têm sido amplamente estudados para aplicação em alimentos. Nos últimos anos, o uso de probióticos como ingredientes funcionais tem crescido, especialmente na indústria de laticínios, que utiliza esses microrganismos em produtos como leites fermentados, iogurtes, queijos, manteigas, sorvetes e fórmulas infantis (Gao *et al.*, 2021). No entanto, frutas e vegetais, carnes, soja e cereais constituem exemplos de matrizes utilizadas no desenvolvimento de produtos probióticos não lácteos (Min *et al.*, 2018). Já no setor de sobremesas, Marinho *et al.* (2019), desenvolveram sorbets probióticos e simbióticos produzidos com polpa de juçara, polidextrose, *L. acidophilus* LA3 e *L. paracasei* BGP1. Segundo os autores, a associação desses componentes pode potencializar os efeitos positivos desses compostos para a saúde e resultar em benefícios significativos à microbiota intestinal dos consumidores. De modo semelhante, *L. rhamnosus* foi empregado na formulação de sorbets de abóbora com características potencialmente probióticas (Szydłowska; Kołożyn-Krajewska, 2019).

Apesar dos efeitos benéficos desempenhados pelos probióticos, avaliar os potenciais efeitos adversos provenientes de seu consumo é de grande importância. Os probióticos geralmente são seguros para a maioria dos indivíduos, entretanto, podem causar efeitos adversos em pacientes imunocomprometidos, gravemente enfermos, pessoas com câncer e bebês, exigindo uma avaliação cuidadosa da relação risco-benefício anteriormente à utilização de probióticos por esses indivíduos (Doron; Snyderman, 2015; Sotoudegan *et al.*, 2019). Dentre os possíveis efeitos adversos, destacam-se infecções sistêmicas, atividades metabólicas deletérias, estímulo imunológico excessivo e efeitos colaterais gastrointestinais (Doron; Snyderman, 2015).

1.3.1 *Lactobacillus acidophilus* LA85

Lactobacillus acidophilus LA85 é uma cepa probiótica que tem despertado interesse devido aos seus potenciais benefícios à saúde humana, especialmente em sua aplicação em alimentos funcionais e suplementos voltados à promoção da saúde gastrointestinal (Qi *et al.*, 2024).

Essa cepa apresenta características consideradas desejáveis para microrganismos com potencial probiótico. Estudos demonstram que a *L. acidophilus* LA85 cresce em temperaturas entre 30 e 45 °C, além de apresentar boa resistência às condições simuladas do sistema gastrointestinal e capacidade de hidrolisar sais biliares. Também foi observado que a cepa possui alta taxa de sobrevivência em fluidos gástrico e intestinal artificiais, bem como forte capacidade de adesão às células Caco-2, o que indica potencial para sobreviver e se estabelecer no sistema gastrointestinal (Qi *et al.*, 2024).

Essas propriedades se refletem em efeitos biológicos relevantes, incluindo sua atuação na atenuação de doenças inflamatórias intestinais, com redução de sinais clínicos como perda de peso, encurtamento do cólon e danos ao tecido do cólon em modelos de colite (Han *et al.*, 2023). Paralelamente, a suplementação com LA85 contribui para a modulação da resposta imune, com redução de citocinas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral α e interleucina-6 e aumento da interleucina-10, associada à ação anti-inflamatória (Han *et al.*, 2023). Além disso, a cepa *L. acidophilus* LA85 é capaz de restaurar a microbiota intestinal, promovendo melhorias na diversidade e na composição da microbiana (Han *et al.*, 2023).

De forma complementar, a cepa também tem demonstrado impacto clínico relevante da incidência de diarreia associada ao uso de antibióticos, eliminando episódios de diarreia persistente e apresentando melhores resultados em indivíduos mais jovens (< 53 anos), além de melhorar os escores de qualidade de vida gastrointestinal no grupo suplementado (Zhu *et al.*, 2025). Esses efeitos podem estar relacionados à sua capacidade de promover o reparo da mucosa intestinal, além de modular vias de sinalização importantes, como a Notch, envolvida na comunicação célula-célula, e a via TLR4/NF- κ B, associada à resposta imune (Xue *et al.*, 2022).

A cepa *Lactobacillus acidophilus* LA85 apresenta um perfil de segurança favorável para consumo, sustentado por evidências morfológicas, genômicas e toxicológicas. A análise genômica confirmou sua classificação taxonômica e não identificou vias associadas à produção de toxinas, amins biogênicas ou ácidos biliares secundários, indicando um perfil metabólico

seguro. Além disso, a cepa não apresentou atividade hemolítica nem capacidade de hidrolisar gelatina, mostrou sensibilidade aos antibióticos avaliados e atividade antagonista contra patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* e *Staphylococcus aureus*. Ensaio *in vitro* com células Caco-2 e testes de toxicidade oral em camundongos não evidenciaram efeitos tóxicos, e não foram detectados genes ou produtos relacionados à síntese de aminas biogênicas (Qi *et al.*, 2014). Em conjunto, esses resultados reforçam a segurança de *L. acidophilus* LA85 para aplicação em alimentos funcionais e produtos probióticos.

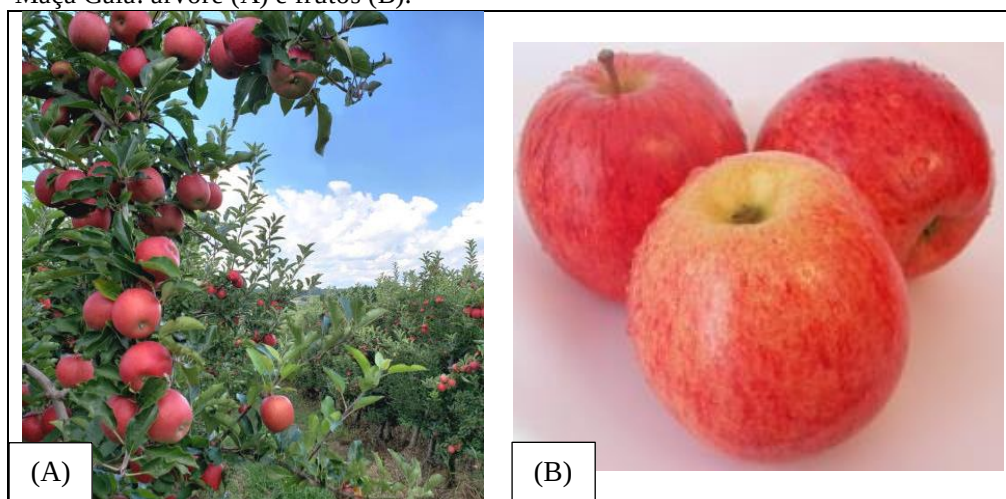
1.4 MAÇÃ (*Malus domestica*)

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é a terceira fruta mais produzida no mundo, com uma produção de 97 milhões de toneladas em 2023. O Brasil é o 13º maior produtor dessa cultura, obtendo em 2023 uma produção de 1,18 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2023).

Considerando os níveis de produção, o cultivo da macieira é uma das mais relevantes culturas de clima temperado. Seu elevado consumo é decorrente de suas características sensoriais, propriedades nutricionais, facilidade de consumo e fácil armazenamento, tendo em vista que resistem por até seis meses em câmaras frias sem grandes perdas de suas características iniciais (Cornille *et al.*, 2014).

A cultivar Gala, juntamente com a cultivar Fuji, perfazem aproximadamente 90% das variedades cultivadas no Brasil, de acordo com o Anuário Brasileiro da Maçã desenvolvido pela Associação Brasileira de Produtores de Maçã (ABPM, 2019). Os frutos da cultivar Gala (Figura 1), apresentam formato arredondado com base cônica e cor vermelha rajada com o fundo amarelo, além de serem apreciadas por apresentarem gosto doce, crocância e um leve toque de acidez (Yoshida; Fan; Patterson, 1998). As maçãs podem ser classificadas quanto às características sensoriais em maçãs do tipo doce, ácida, doce-amarga e ácida-amarga. As maçãs do tipo doce são caracterizadas por baixo teor de acidez (< 60 mEq/L), teor de polifenóis inferior a 2 g/L e até 15% de açúcares (Ferreti; Turco; Bacchetti, 2014; Coton; Coton; Guichard, 2016).

Figura 1 – Maçã Gala: árvore (A) e frutos (B).



Fonte: Nachtigall, G. R. (2023); ABPM.

As maçãs apresentam diversos nutrientes, incluindo fibras alimentares, minerais e vitaminas (Tabela 1). O consumo regular da maçã pode promover efeitos benéficos à saúde, dentre os quais destacam-se o auxílio na redução do colesterol e redução na absorção de glicose, efeitos positivos sobre a função vascular, pressão arterial, inflamação e hiperglicemia. As propriedades cardioprotetoras podem ser atribuídas ao seu elevado teor de polifenóis (Bondonno *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Composição nutricional da maçã.

Constituinte	Concentração (por 100g de fruta fresca)
Água (g)	83,3
Energia (kcal/kJ)	64/271
Proteína (g)	0,29
Lipídios (g)	0,49
Carboidratos (g)	15,7
Fibra alimentar (g)	2,07
Potássio (mg)	418
Cálcio (mg)	7,05
Ferro (mg)	0,07
Magnésio (mg)	15,3
Fósforo (mg)	21,0
Tiamina (mg)	0,03
Equivalente de folato (mcg)	3,47
Vitamina A (mcg)	7,00
Vitamina B6 (mg)	0,02
Vitamina C (mg)	1,95
Vitamina E (mg)	0,53

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2025).

As maçãs são rigorosamente selecionadas e classificadas, com o intuito de atender as exigências do consumidor para seu consumo *in natura*. Nesta etapa, aproximadamente 70% dos frutos desprezados apresentam características que os tornam aptos para o processamento, em

razão destes apresentarem os parâmetros de qualidade relacionados à composição fenólica e teores de ácidos e açúcares (ABPM, 2004; Wosiacki, 2001; Wosiacki; Kamicoga; Neves, 1991).

No Brasil, as maçãs que não apresentam aptidão para serem comercializadas *in natura* são destinadas ao processamento de bebidas como suco (Nogueira *et al.*, 2006), sidra (Alberti *et al.*, 2011) e licor (Krüger; Alberti; Nogueira, 2024), geleias (Garrido; Lozano; Genovese, 2015), minimamente processados, desidratados e liofilizados (Paunovic; Zlatkovic; Mirkovic, 2010; Altisent *et al.*, 2014), purê de maçã (Le Bourvellec *et al.*, 2011), vinagre e destilados (Madrera *et al.*, 2013; Ho *et al.*, 2017) e bioetanol (Martello *et al.*, 2010).

O processamento do suco inicia com a classificação dos frutos, sendo desprezados os que apresentam defeitos fitossanitários, sendo estes inadequados para o uso. As maçãs então passam por um processo de higienização, que consiste na lavagem e sanitização, e posteriormente são trituradas, maceradas, prensadas ou centrifugadas, onde são obtidos o suco bruto e o bagaço, que é um subproduto do processamento. O suco pode ser submetido a operações unitárias de despectinização, filtração, concentração, pasteurização e tratamentos químicos, resultando em diferentes tipos de sucos (Nogueira; Wosiacki, 2012).

Os principais componentes do suco de maçã Gala consistem em frutose (4,87-9,99 g/100 mL), glicose (0,82-2,29 g/100 mL), sacarose (0,55-5,95 g/100 mL), compostos fenólicos (124-544 mg/L) e ácido málico (0,123 – 0,401 g/100 mL) (Vieira *et al.*, 2011).

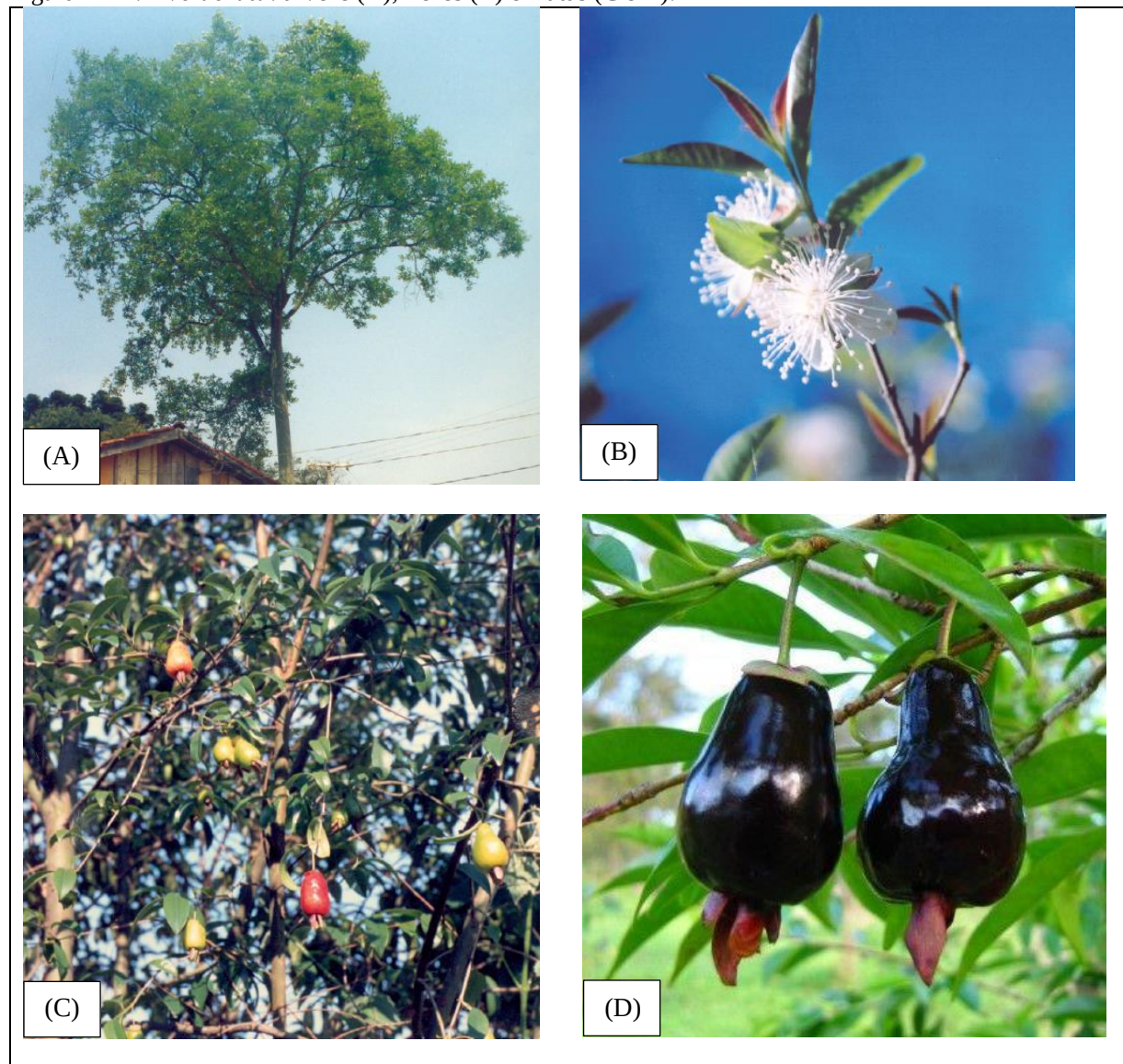
1.5 CEREJA DO RIO GRANDE (*E. involucrata*)

A Cereja do Rio Grande, também conhecida como cereja-da-terra, é encontrada em pomares domésticos devido seu potencial no âmbito do paisagismo (Araújo *et al.*, 2019). A etimologia do nome genérico “*Eugenia*” é dedicada a Francisco Eugenio de Saboya, enquanto “*involucrata*” é decorrente da coroa de sépalas e resíduos de bractéolas na base do fruto, sugerindo uma espécie de “invólucro” (Degenhardt; Frazon; Costa, 2007).

A *E. involucrata* (Figura 2), pode atingir até cerca de 15 m de altura, com copa estreita e alongada, com galhos resistentes e folhagem densa de coloração verde-luzente, medindo 5-10 cm de comprimento e 2-3 cm de largura. Suas flores são hermafroditas e de coloração branca providas de muitos estames produtores de grãos de pólen, onde a floração ocorre na época da primavera. As frutas consistem em bagas piriformes, lisas, glabras, de coloração verde, quando imaturo, tornando-se vermelho a roxo quando maduro, medem de 1,3 a 2,3 cm de comprimento, pesam cerca de 5 g e apresentam de 1 a até 5 sementes em seu interior (Degenhardt; Frazon; Costa, 2007).

Os compostos fenólicos identificados na *E. involucrata* pertencem à classe dos ácidos fenólicos e flavonoides. A polpa da *E. involucrata* contém maior número de compostos fenólicos - ácidos gálico, ferúlico, *p*-cumárico e elágico, além de quercetina e miricetina – seguida da casca, na qual não foi verificada presença de ácido gálico, enquanto na semente somente três compostos foram observados – ácidos gálico, clorogênico e *p*-cumárico. Apesar do maior número de compostos fenólicos serem observados na polpa, as concentrações destes tendem a ser menores quando comparadas às outras porções da fruta (Nicácio *et al.*, 2017).

Figura 2 – *E. involucrata*: árvore (A), flores (B) e frutas (C e D).



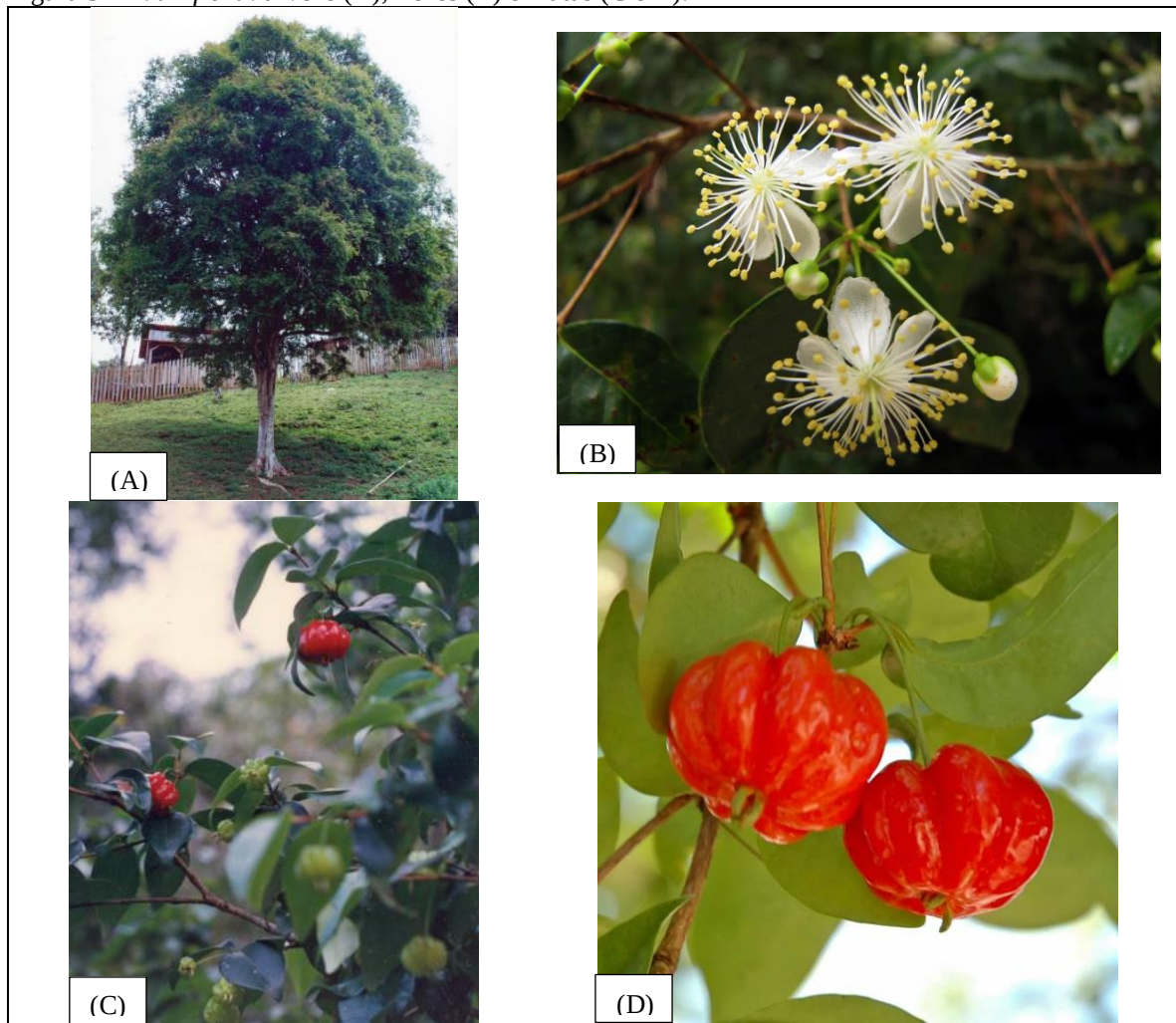
Fonte: Carvalho (2008).

1.6 PITANGA (*E. uniflora*)

A pitanga (*E. uniflora*), também denominada como *yba-pitanga*, termo tupi-guarani que significa “fruto-vermelho”, tem seu nome “*Eugenia*” dedicado a Francisco Eugenio de Saboya, assim como a *E. involucrata*, enquanto “*uniflora*” significa “uma flor em cada pedúnculo”. Ocorre de modo natural no Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai (Carvalho, 2006).

A pitangueira (Figura 3) é uma espécie semidecídua, chegando até a 15 m de altura, apresentando folhas simples, oposto-cruzadas, semicoriáceas e ovadas. Suas flores são brancas e com muitos estames, podendo estar sozinhas ou em grupos de duas a três flores nas extremidades dos ramos. A fruta, pitanga, consiste em uma drupa globosa e costada, possui coloração vermelha até quase preta quando madura e polpa carnosa e agridoce, normalmente com uma a duas sementes. A pitanga apresenta elevados teores de vitamina C, sendo consumida *in natura* ou na forma de sucos (Carvalho, 2006).

Figura 3 – *E. uniflora*: árvore (A), flores (B) e frutas (C e D).



Fonte: Carvalho (2006).

Os frutos da pitangueira apresentam baixo valor energético com 51 calorias em 100 g de polpa. A fruta é rica em água (85,8 g/100 g) e carboidratos (12,5 g/100 g), vitamina A (635 mg/100 g) e vitamina C (14 mg/100 g), apresentando ainda proteína (0,8 g/100 g), gordura (0,4 g/100 g), fibra (0,6 g/100 g), além de micronutrientes como a tiamina (0,3 mg/100 g), riboflavina (0,6 mg/100 g), niacina (0,3 mg/100 g), cálcio (9 mg/100 g), fósforo (11 mg/100 g) e ferro (0,2 mg/100 g) (Bezerra *et al.*, 2018). Os compostos fenólicos identificados na pitanga foram a miricetina, quercetina e antocianinas como a delphinidina-3-hexosídeo e cianidina-3-hexosídeo. Além disso, foram identificados carotenoides, como o licopeno, γ -caroteno e β -criptoxantina (Migues *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2022).

1.7 COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos consistem em metabólitos secundários de plantas, desempenhando importantes funções na reprodução, crescimento e defesa de plantas contra o ataque de pragas (Angelo; Jorge, 2007; Soares *et al.*, 2008), sendo amplamente estudados devido suas propriedades bioativas, como antioxidantes, antibacterianas e antimutagênicas (Al-Habib *et al.*, 2010).

Os compostos fenólicos são classificados em duas classes fenólicas principais: ácidos fenólicos e flavonoides. Os ácidos fenólicos podem ser subdivididos em derivados do ácido benzóico, o qual inclui os ácidos gálico, vanílico e protocatecuico, e derivados do ácido cinâmico, como os ácidos p-cumárico, cafeico e ferúlico. Já a classe dos flavonoides pode ser subdividida em flavan-3-ols, flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavanonas e antocianidinas.

Na casca e polpa de *E. involucrata* já foram relatadas a presença dos ácidos ferúlico, p-cumárico e elágico, quercetina e miricetina (Nicácio *et al.*, 2017). Já na polpa de *Eugenia uniflora* foram identificados os ácidos gálico e protocatecuico, quercetina, quercitrina, isoquercitrina, kaempferol e antocianinas, especificamente cianidina-3-glicosídeo e derivados de maldivina (Denardin *et al.*, 2015). A Tabela 2 apresenta informações sobre a composição fenólica da *E. involucrata* e *E. uniflora*.

Tabela 2 - Composição fenólica de extratos obtidos da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora*.

Classes fenólicas	Teor	Unidade	Referência
<i>E. involucrata</i>			
Compostos fenólicos totais	18,36 ± 0,66*	mg EAG/g	Infante <i>et al.</i> (2016).
Ácido ferúlico	0,0003 ± 0,0001*	mg/g	
Ácido <i>p</i> -cumárico	0,011 ± 0,002*	mg/g	Nicácio <i>et al.</i> (2017).
Ácido elágico	0,0013 ± 0,0004*	mg/g	
Quercetina	0,003 ± 0,001*	mg/g	
Miricetina	0,00008 ± 0,00003*	mg/g	
<i>E. uniflora</i> polpa roxa			
Compostos fenólicos totais	8,00**	mg EAG/g	Denardin <i>et al.</i> (2015).
	4,63***	mg EAG/g	Bagetti <i>et al.</i> (2011).
<i>E. uniflora</i> polpa vermelha			
Compostos fenólicos totais	4,34**	mg EAG/g	Denardin <i>et al.</i> (2015).
	2,10***	mg EAG/g	Bagetti <i>et al.</i> (2011).

Nota: * Extrato obtido com etanol 80%; ** Extrato obtido com etanol 95%; *** Extrato obtido com metanol:ácido fórmico (16:1); EAG: equivalentes de ácido gálico.

Considerando o elevado potencial qualitativo e quantitativo no que tange a composição fenólica dos frutos de *E. involucrata* e *E. uniflora* e os escassos estudos utilizando a polpa de ambas as frutas para obtenção de produtos, estas podem ser utilizadas para a obtenção de um sorbet com elevados teores de compostos fenólicos.

1.8 CAROTENOIDES

Os carotenoides são os pigmentos presentes em maior proporção na natureza, existentes em plantas, bactérias fotossintéticas, fungos e algas, conferindo a coloração amarela, laranja, vermelha e roxa. Esta classe de compostos é essencial, em conjunto com as clorofilas, nos processos de fotossíntese e fotoproteção, atuando também como antioxidantes, atrativos de cor e precursores de hormônios vegetais em órgãos não fotossintéticos, como flores, frutas, pericarpos, sementes e raízes (Maoka, 2020).

Em alimentos e produtos farmacêuticos, os carotenoides apresentam uma série de funções, sendo utilizados como corantes e também como meio de suplementação na produção de alimentos fortificados e suplementos alimentares. Assim, compostos como o licopeno, luteína, β -caroteno, zeaxantina, astaxantina e cantaxantina são atualmente produzidos em escala industrial (Eggersdorfer; Wyss, 2018).

Os benefícios para a saúde desempenhados pelos carotenoides compreendem a proteção ocular, devido a absorção de comprimentos de onda específicos da luz, auxiliam na proteção do desenvolvimento de doenças cardiovasculares, uma vez que atuam bloqueando a formação e oxidação da lipoproteína de baixa densidade, além disso, podem limitar o

crescimento anormal das células e, dessa forma, podem auxiliar na proteção contra câncer (Barker *et al.*, 2011; Iwamoto *et al.*, 2000; Tanaka; Shnimizu; Moriwaki, 2012).

Os carotenoides podem ser subdivididos em carotenos e xantofilas. Os carotenos são hidrocarbonetos e abrangem o α -caroteno, β -caroteno, ψ -caroteno (γ -caroteno) e licopeno, enquanto as xantofilas abrangem a β -criptoxantina, luteína, zeaxantina, astaxantina, fucoxantina e peridina; apresentam estrutura mais diversificada, podendo conter átomos de oxigênio, como grupamentos hidroxí, carbonila, aldeído, carboxílico, epóxido e furanóxido, enquanto outras moléculas estão presentes como ésteres de ácidos graxos, glicosídeos, sulfatos e complexos proteicos (Maoka, 2020).

Na polpa de pitanga já foi relatada a presença de carotenoides (Tabela 3), incluindo a luteína, zeaxantina, rubixantina, criptoxantina, licopeno, γ -caroteno, α -caroteno e β -caroteno, com teor de carotenoides totais de 87,88 $\mu\text{g/g}$ (Filho *et al.*, 2008). Além destes, outros compostos identificados por Cavalcante e Rodriguez-Amaya (1992) consistiram no fitoflueno. Bagetti *et al.* (2011), observaram na polpa de pitanga vermelha a presença de licopeno, β -criptoxantina e β -caroteno, sendo também detectado o carotenoide rubixantina. Não foram observados dados na literatura sobre a composição de polpa de *E. involucrata*, destacando a importância da investigação das frutas nativas brasileiras, como forma de valorização destas culturas.

Tabela 3 – Carotenoides identificados na polpa de *E. uniflora*.

Composto	Teor ($\mu\text{g/g}$)	Referência
Trans-luteína	3,12	Filho <i>et al.</i> (2008)
Trans-zeaxantina	3,96	
Trans-rubixantina	15,67	
Cis-rubixantina	4,93	
Rubixantina	23,1	Cavalcante e Rodriguez-Amaya (1992)
Trans- β -criptoxantina	15,24	Filho <i>et al.</i> (2008)
β -criptoxantina	47,0	Cavalcante e Rodriguez-Amaya (1992)
	34	Bagetti <i>et al.</i> (2011)
Licopeno	73,0	Cavalcante e Rodriguez-Amaya (1992)
	151	Bagetti <i>et al.</i> (2011)
Trans-licopeno	33,22	Filho <i>et al.</i> (2008)
Cis-licopeno	6,99	
Trans- γ -caroteno	1,12	
γ -caroteno	52,7	Cavalcante e Rodriguez-Amaya (1992)
ζ -caroteno	4,7	
Trans- α -caroteno	0,54	Filho <i>et al.</i> (2008)
β -caroteno	3,09	
	5,1	Bagetti <i>et al.</i> (2011)
	9,5	Cavalcante e Rodriguez-Amaya (1992)
Fitoflueno	13,1	

1.9 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os radicais livres, quando em excesso no organismo, apresentam efeitos prejudiciais à saúde, como danos ao DNA, proteínas e organelas celulares, sendo, dessa forma, relacionados com patologias como câncer, doenças do sistema cardiovascular, disfunções cognitivas, doenças degenerativas e neurológicas. Com o objetivo de neutralizar os efeitos nocivos, os organismos produzem substâncias com capacidade de regeneração ou prevenção dos danos oxidativos, por meio de sua ação antioxidante. Ainda, compostos com ação antioxidante, devido sua aptidão em atuar como sequestradores de radicais livres, podem ser obtidos por meio da alimentação (Alves *et al.*, 2010).

Uma substância antioxidante apresenta a capacidade de retardar ou prevenir a oxidação do substrato, mesmo em pequenas concentrações, auxiliando, dessa forma, no controle dos níveis de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Branco *et al.*, 2016; Halliwell *et al.*, 1995). Considerando o mecanismo de ação contra os radicais livres, os antioxidantes comumente são classificados em primários e secundários, e ao se considerar a fonte, estes podem ser classificados em sintéticos e naturais (Sucupira *et al.*, 2012).

Os compostos fenólicos, como os flavonoides, são estudados devido sua propriedade doadora de um elétron, atuando como antioxidantes em cultura de células *in vitro* ou em células *in vivo*, eliminando o ânion superóxido, oxigênio singlete, radicais peróxidos lipídicos e/ou radicais livres. Esta propriedade tem incentivado pesquisadores a investigar novas fontes de compostos fenólicos e sua ação antioxidante, principalmente no âmbito celular, uma vez que a oxidação do DNA possivelmente pode ser uma das potenciais causas de mutações, as quais podem ser reduzidas através destes antioxidantes dietéticos, auxiliando na prevenção de doenças degenerativas, como câncer e doenças cardíacas (Birt; Hendrich; Wang, 2001).

A atividade antioxidante pode ser determinada através de métodos *in vitro* e *in vivo*. Os métodos *in vitro* podem ser subdivididos em métodos químicos e métodos baseados em células. Dentre os métodos químicos destacam-se os fundamentados na captura de radicais (por exemplo radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e radical ABTS⁺) e redução de íons como ferro (no método de FRAP) e íons cúpricos (no método CUPRAC).

1.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A apresentação das informações presentes na literatura sobre as espécies de *Eugenia* spp. evidencia o grande interesse pela valorização da *E. involucrata* e *E. uniflora*, principalmente com relação aos frutos destas espécies, as quais são extremamente sensíveis a

choques mecânicos. Com isso, observa-se a limitação da popularização destas duas espécies nativas brasileiras resultante desta elevada perecibilidade dos frutos, que por sua vez reduz e até mesmo impede sua comercialização. Uma estratégia para solucionar essa situação consiste na elaboração de produtos, como gelados comestíveis, os quais podem ser adicionados de prebióticos e probióticos, fornecendo ainda mais propriedades funcionais. Estudos já presentes na literatura evidenciam a capacidade de compostos fenólicos, inclusive os presentes na *E. involucrata* e *E. uniflora*, de trazerem benefícios oriundos do seu consumo, indicando que os frutos e produtos obtidos de *Eugenia* spp. possivelmente são uma alternativa para auxiliar na proteção contra o desenvolvimento de doenças relacionadas ao estresse oxidativo.

CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO DE SORBET DE MAÇÃ SIMBIÓTICO

RESUMO

O desenvolvimento de alimentos funcionais tem ganhado destaque, especialmente quando associados a propriedades nutricionais a características sensoriais atrativas. Os sorbets, em decorrência do menor teor de gordura, representam uma matriz promissora para a incorporação de probióticos e ingredientes funcionais. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa consistiu em desenvolver e caracterizar sorbets de maçã fermentados com *Lactobacillus acidophilus* LA85, com ou sem adição de inulina e sistema de espessantes e estabilizante, avaliando suas características físico-químicas, tecnológicas, microbiológicas e sensoriais. As formulações foram preparadas com mosto de maçã Gala e submetidas ou não à fermentação láctica por 72 h, adicionadas ou não de inulina, sistema de espessantes e estabilizante e da combinação de ambos. As amostras foram analisadas quanto aos teores de compostos fenólicos, atividade antioxidante, parâmetros de cor e textura, perfil de ácidos orgânicos e açúcares, parâmetros microbiológicos sanitários, contagem de bactérias lácticas e análise sensorial. Os resultados mostraram que todas as amostras apresentaram teores de compostos fenólicos totais (236 a 332 mg ácido clorogênico/kg), flavonoides totais (91 a 124 mg catequina/kg) e atividade antioxidante (808 a 1720, 1000 a 1519 e 3874 a 5993 $\mu\text{mol Trolox/kg}$ para ABTS, FRAP e CUPRAC, respectivamente). A adição de inulina aumentou o teor de sólidos solúveis (47%), o *overrun* (13%), enquanto o sistema de espessantes e estabilizante aumentou a resistência à fusão (18%) e o *overrun* (71%). A fermentação láctica reduziu significativamente os teores de frutose (10%), sacarose (21%) e ácido málico (29%), com aumento do teor de glicose (57%) e dos ácidos láctico (71%) e acético (15 g/L). Apesar da redução de 1,44 $\log_{10}$ na contagem de células viáveis após 90 dias de armazenamento, a cepa probiótica se manteve viável nas amostras adicionadas de inulina ou sistema de espessantes e estabilizante e combinação de ambas, com média de $2,7 \times 10^6$ UFC/mL, sendo favorecida pela presença de inulina e sistema de espessantes e estabilizante, que atuaram como agentes protetores durante o congelamento. Sensorialmente, a amostra fermentada com adição de inulina e sistema de espessantes e estabilizante foi a mais aceita, com mais de 90% de aceitabilidade, especialmente quanto à textura. A combinação da fermentação láctica com *L. acidophilus* LA85, inulina e sistema de espessantes e estabilizante resulta em um sorbet funcional com boas propriedades tecnológicas, estabilidade microbiológica e elevada aceitação sensorial, representando uma alternativa inovadora e saudável no mercado de produtos congelados.

Palavras-chave: *Lactobacillus acidophilus*. Inulina. Compostos bioativos. Sorbet funcional.

2.1 INTRODUÇÃO

A maçã está entre as frutas mais produzidas no mundo (FAOSTAT, 2023), devido, principalmente à sua qualidade nutricional e sensorial. Dentre os benefícios relacionados ao seu consumo, ressaltam-se ação cardioprotetora, anti-inflamatória, hipoglicemiante e redução dos níveis de colesterol (Bondonno *et al.*, 2017). Além disso, a maçã fornece fibras solúveis e insolúveis, vitaminas, minerais e compostos bioativos (Ferretti; Turco; Bacchetti, 2014; Zielinski *et al.*, 2018). Em decorrência do elevado potencial nutricional, sensorial e tecnológico,

diversos produtos podem ser desenvolvidos utilizando a maçã, como bebidas, incluindo sucos (Nogueira *et al.*, 2006), bebidas alcoólicas (Alberti *et al.*, 2011; Krüger; Alberti; Nogueira, 2024), minimamente processados, desidratados e liofilizados (Paunovic; Zlatkovic; Mirkovic, 2010; Altisent *et al.*, 2014), purê e papinha (Le Bourvellec *et al.*, 2011) e geleias (Garrido; Lozano; Genovese, 2015). Além disso, o suco e a polpa de maçã podem ser aplicados no desenvolvimento de gelados comestíveis, como sorvetes e sorbets.

Gelados comestíveis consistem em “produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma mistura de água e açúcares” (Brasil, 2022). No Brasil, o setor de sorvetes e gelatos apresenta expressiva relevância econômica, movimentando mais de R\$ 14 bilhões por ano e sendo composto majoritariamente por micro e pequenas empresas (ABIS, [s.d.]). Nesse contexto, o sorbet, conhecido popularmente como um produto formulado com frutas e sem componentes lácteos, pode ser elaborado sem a adição de açúcares, melhorando seu perfil nutricional, representando uma alternativa de sobremesa para os consumidores que buscam uma alimentação mais saudável, bem como para intolerantes ou alérgicos aos componentes do leite e derivados.

Em decorrência da ausência de gordura e reduzido teor de açúcares, o sorbet apresenta uma textura menos cremosa, em comparação ao sorvete tradicional. Visando superar essa característica e obter um produto de melhor qualidade sensorial, substitutos de gordura e açúcares podem ser utilizados. Nesse sentido, espessantes, como a goma xantana e goma guar, estabilizantes, como a carboximetilcelulose sódica, e fibras, como a inulina, podem ser empregadas visando melhorar a textura do produto e, conseqüentemente, a aceitação sensorial pelos consumidores.

A inulina, além de propriedades tecnológicas, fornece funcionalidade prebiótica, auxiliando na saúde do sistema gastrointestinal e da saúde em geral, principalmente relacionado a parâmetros metabólicos, imunológicos e inflamatórios (Hul *et al.*, 2020; Khalil *et al.*, 2021; Lai *et al.*, 2023; Paiva *et al.*, 2024; Silveira *et al.*, 2017; Trachsel *et al.*, 2019). As fibras consideradas prebióticas contribuem para o equilíbrio da biota intestinal (Brasil, 2019), favorecendo o crescimento de microrganismos benéficos e inibindo aqueles prejudiciais à saúde do hospedeiro (Teferra, 2021). Os microrganismos benéficos são comumente denominados probióticos, e fornecem efeitos positivos à saúde do indivíduo (Brasil, 2002). Os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são os dois principais microrganismos potencialmente probióticos conhecidos e empregados em alimentos funcionais (Collins; Thornton; Sullivan, 1998).

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa consistiu na avaliação dos efeitos da fermentação láctica com a cepa probiótica *Lactobacillus acidophilus* LA85 e da adição de inulina e do sistema de espessantes e estabilizante no desenvolvimento de sorbet de maçã com propriedades funcionais.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Materiais

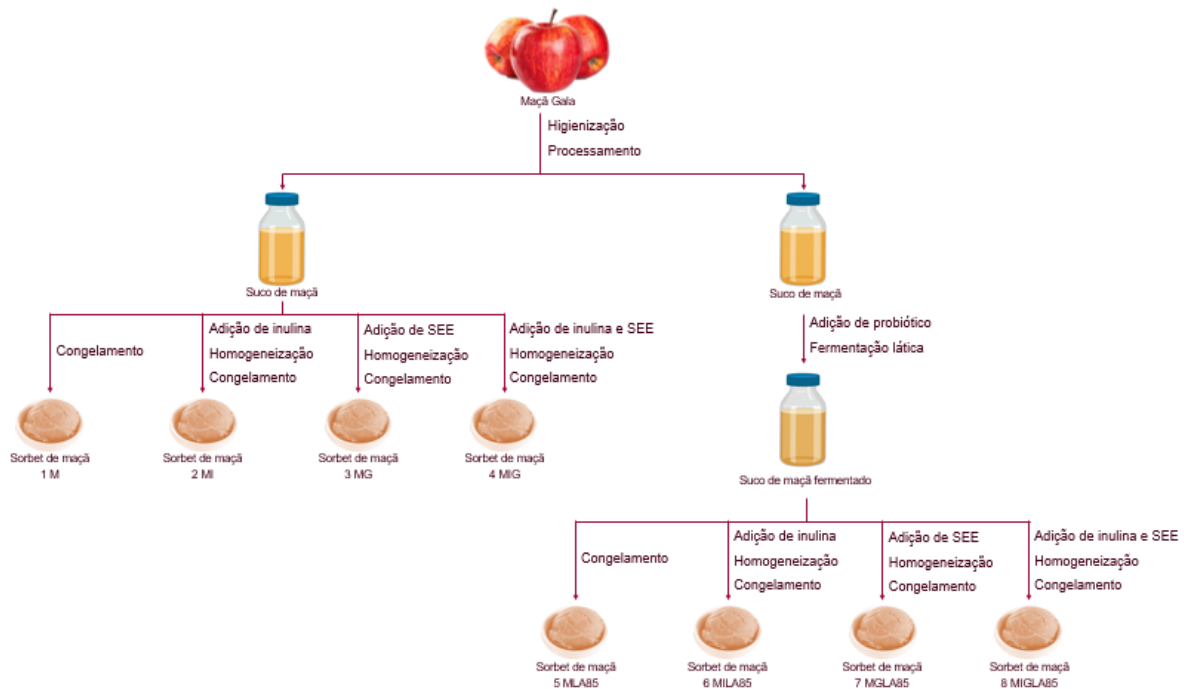
Maçãs (*Malus domestica*) da cultivar Gala foram obtidas do comércio local de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. A inulina (Ingredientes Online, São Paulo, São Paulo, Brasil; Anexo A), a cepa probiótica *Lactobacillus acidophilus* LA85 (Coana Probióticos, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil) e o sistema de espessantes e estabilizante contendo goma guar (40-60%), goma xantana (30-45%) e carboximetilcelulose sódica (10-15%) (doação da empresa GlobalFood, São Paulo, São Paulo, Brasil; Anexo B) foram adquiridas para a elaboração do sorbet.

Foram utilizados os reagentes Folin-Ciocalteu, Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico, 97%), ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), ácido clorogênico (95%), (+)- catequina (98%), ácido málico ($\geq 99\%$), ácido láctico (88%), ácido acético ($\geq 99,7\%$), ácido ascórbico (99%), sacarose (99%), glicose (99%) e frutose (99%), os quais foram adquiridos da Sigma-Aldrich (EUA). O hidróxido de sódio, metanol, acetato de sódio e ácido clorídrico foram obtidos da Biotec (PR, Brasil). O nitrito de sódio foi adquirido da Química Moderna (SP, Brasil). O cloreto de alumínio e o persulfato de potássio da Synth (SP, Brasil) e o carbonato de sódio foi adquirido da Anidrol (SP, Brasil). A enzima Pectinex® Ultra Pulp foi obtida por doação da empresa LNF Latino Americana (LNF Bento Gonçalves, RS, Brasil). As soluções aquosas foram preparadas com água destilada ou ultrapura tipo 1 (Milli-Q, Millipore, SP, Brasil).

2.2.2 Métodos

A elaboração do sorbet seguiu o fluxograma apresentado na Figura 4, onde foi realizado o processamento e fermentação láctica do mosto de maçã com probiótico e elaboração do sorbet.

Figura 4 - Fluxograma geral da obtenção de diferentes formulações de sorbet de maçã.



Nota: SEE: sistema de espessantes e estabilizante.

2.2.2.1 Obtenção do mosto de maçã

As maçãs da cultivar Gala maduras foram selecionadas, descartando as inadequadas ao processamento. As maçãs foram submetidas ao processo de higienização, o qual consistiu na limpeza em água corrente e posterior sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg/L por 10 min a 4 °C (Gomes *et al.*, 2014). Após transcorrido o tempo, as maçãs foram enxaguadas em água corrente para remoção do cloro residual. Em seguida as frutas foram cominuadas e prensadas (Prensa Hidráulica à Frio, AGM Máquinas, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil), à 99.640 kPa por 5 min, para extração do mosto integral da maçã, com rendimento de 74% (v/m). O mosto foi despectinizado (Pectinex® Ultra Pulp, LNF Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil), a 3,0 mL/hL por 40 min em temperatura de 40 °C. O mosto foi resfriado em câmara de refrigeração (5 ± 1 °C, Frilux RF-054, Mafra, Santa Catarina, Brasil) até a sedimentação e posteriormente trasfegado, obtendo o mosto de maçã despectinizado, o qual foi acondicionado em garrafas de polietileno de alta densidade (PEAD) com capacidade de 500 mL e armazenado a -18 °C.

2.2.2.2 Fermentação láctica do mosto de maçã com probiótico

O mosto de maçã despectinizado foi pasteurizado em banho-maria a 60 °C durante 30 min e posteriormente resfriado em banho de gelo a 37 °C, transferido para frascos esterilizados de 250 mL e adicionados do inóculo de *L. acidophilus* LA85 (10^8 UFC/mL), sendo mantido em BOD (SP Labor, SP-500 B.O.D, São Paulo, Brasil) a 37 ± 1 °C durante 72 ± 3 h.

2.2.2.3 Elaboração do sorbet de maçã

O sorbet foi produzido em sorveteira (Sorveteira Expressa EOS ESO03, com compressor, China) em aço inox, com capacidade de 2,5 L. A inulina e a cepa probiótica foram adicionadas com base na concentração mínima para ser considerado potencialmente prebiótico e probiótico, respectivamente, enquanto o sistema de espessantes e estabilizante foi adicionado de acordo com as instruções do fabricante. As formulações foram preparadas com 800 mL de suco de maçã, acrescidas de 5,0% (m/v) de inulina, 0,30% (m/v) de sistema de espessantes e estabilizante e 0,10% (m/v) da cultura probiótica (Tabela 4). Cada formulação foi transferida para o recipiente de inox da sorveteira devidamente higienizado e programado na função sorvete (-22 a -28 °C; 76 rpm), sendo mantida em processamento até a interrupção automática na agitação do equipamento, indicando a obtenção da textura característica do produto. As amostras foram acondicionadas em embalagens de plástico de 500 mL e mantidas sob congelamento a -18 °C.

Tabela 4 – Formulações de sorbet de maçã.

Amostra	Suco de Maçã (mL)	Inulina (g)	Sistema de Espessantes e Estabilizante (g)	<i>L. acidophilus</i> LA85 (UFC/mL)
1 M	800	0	0	0
2 MI	800	40	0	0
3 MG	800	0	2,4	0
4 MIG	800	40	2,4	0
5 MLA85	800	0	0	10^8 (0,8 g)
6 MILA85	800	40	0	10^8 (0,8 g)
7 MGLA85	800	0	2,4	10^8 (0,8 g)
8 MIGLA85	800	40	2,4	10^8 (0,8 g)

2.2.2.4 Caracterização fenólica

As amostras de sorbet foram caracterizadas quanto sua composição fenólica, por meio da análise de compostos fenólicos totais e flavonoides totais. Primeiramente, as amostras foram descongeladas e diluídas com água destilada conforme necessário.

A quantificação do teor de compostos fenólicos totais ocorreu por meio de método colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965). Em tubos de ensaio foram adicionados 4,2 mL de água, 50 µL de amostra e 250 µL de reagente Folin-Ciocalteu (1:10). Os tubos foram agitados em vórtex (Ika Vórtex 3, V 3 S032, Ika, Campinas, São Paulo, Brasil) e após 3 min foram adicionados 500 µL de carbonato de sódio (20%). Os tubos foram agitados e mantidos no escuro por 1 h. Após transcorrido o tempo, 300 µL foram transferidos para microplaca de 96 poços e foi medida a absorbância em leitor de microplaca (Epoch Microplate Spectrophotometer, BioTek Instruments Inc, Winooski, Vermont, USA) no comprimento de onda de 720 nm. As absorbâncias foram comparadas com a curva de calibração de ácido clorogênico ($\text{TPC [mg/L]} = 1317,52 \times \text{absorbância} + 8,71$; $R^2 = 0,9996$) e os resultados foram expressos em miligramas de ácido clorogênico por kg de amostra.

A quantificação de flavonoides totais foi realizada por meio do método proposto por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999). Foram adicionados em tubos 2 mL de água destilada, 250 µL de amostra e 120 µL de solução de nitrito de sódio (0,5 mol/L); os tubos foram agitados em vórtex e mantidos em repouso por 5 min. Em seguida, foram adicionados 120 µL de cloreto de alumínio (10%). Os tubos foram novamente agitados em vórtex e mantidos em repouso por 5 min e então foram adicionados 800 µL de hidróxido de sódio (1 mol/L). As absorbâncias foram medidas a 510 nm e comparadas com a curva de calibração de catequina ($\text{TFC [mg/L]} = 457,14 \times \text{absorbância} - 3,91$; $R^2 = 0,9982$) e os resultados foram expressos em miligramas de catequina por kg de amostra.

2.2.2.5 Atividade antioxidante *in vitro*

As amostras de sorbet foram avaliadas quanto a atividade antioxidante por métodos *in vitro* por técnicas cujo princípio está fundamentado na captura de radicais livres (ABTS) e redução de íons (FRAP e CUPRAC).

A atividade antioxidante pelo método de captura do radical ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzenotiazolina)-6-sulfônico) foi realizada baseado no método desenvolvido por Re *et al.* (1999). Primeiramente foi preparado o reagente ABTS^+ , onde foram misturados uma solução de ABTS (7 mmol/L) com uma solução de persulfato de potássio (2,45 mmol/L) na proporção de 1:1. Após a mistura, esta solução foi mantida ao abrigo da luz em temperatura ambiente por 12 h. Após transcorrido o tempo, foram transferidos 4 mL da solução para um balão volumétrico de 200 mL e o volume foi ajustado utilizando água destilada, sendo que a absorbância da solução deve ser superior a 0,7, no comprimento de onda de 734 nm. Utilizando uma microplaca

de 96 poços, foram adicionados 20 µL de amostra e 280 µL da solução de ABTS⁺ corrigida, e posteriormente a microplaca foi agitada e mantida ao abrigo da luz por 30 min. Após transcorrido o tempo de reação, as absorbâncias foram medidas utilizando o comprimento de onda de 734 nm. As leituras foram comparadas com a curva de calibração de Trolox (ABTS [µmol TE/L] = 4,83 x absorbância – 9,49; R² = 0,9959), e os resultados expressos em µmol TE/kg.

O poder antioxidante da redução do ferro foi determinado por meio da metodologia de FRAP proposta por Benzie e Strain (1996). Em uma microplaca de 96 poços foram adicionados 10 µL de amostra e 290 µL de reagente FRAP. A microplaca foi mantida ao abrigo da luz por um período de 30 min. Assim que transcorrido o tempo da reação, foi realizada a leitura das absorbâncias em leitor de microplaca e os dados obtidos foram comparados com a curva de padrão de Trolox (FRAP [µmol TE/L] = 911,58 x absorbância – 68,68; R² = 0,9930), onde os resultados foram expressos em µmol TE/kg.

Para a determinação da atividade antioxidante através da redução do cobre foi utilizada a metodologia desenvolvida por Apak *et al.* (2008), onde foram adicionados a tubos de ensaio um volume de 50 µL de amostra, 500 µL de solução de cloreto de cobre (CuCl₂ 1,0 x 10⁻² mol/L), 500 µL de solução de neocuproína (7,5 x 10⁻³ mol/L, em etanol 96%), 500 µL de solução tampão de acetato de amônia com pH 7,0 (C₂H₇NO₂) e 500 µL de água destilada. Os tubos foram agitados e mantidos em banho-maria a 50 °C durante 20 min. Posteriormente, as soluções foram resfriadas a 25 °C e foi realizada a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro no comprimento de onda de 450 nm e os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de Trolox (CUPRAC [µmol TE/L] = 4225,29 x absorbância – 64,10; R² = 0,9910), onde os resultados foram expressos em µmol TE/kg.

2.2.2.6 Caracterização físico-química

A caracterização físico-química das amostras foi realizada por meio da medida do pH, acidez titulável total, teor de sólidos solúveis totais, densidade, ácidos orgânicos e açúcares.

Os potenciais hidrogeniônicos das amostras foram medidos utilizando potenciômetro de bancada (TECNAL, TEC 3-MP, SP, BRASIL), devidamente calibrado com dois padrões (pH= 4,0 e 7,0).

A acidez titulável total (ATT) foi realizada de acordo com AOAC (2019), onde foram pipetadas, com o auxílio de pipeta volumétrica, uma alíquota de 5 mL de cada amostra, a qual foi adicionada a um erlenmeyer de 125 mL, sendo o volume completado para 50 mL com água

destilada. A titulação foi realizada com NaOH 0,1 M até o ponto final de pH de 8,33, onde os resultados de acidez foram calculados de acordo com a Equação 1 e expressos em g ácido málico/100 mL.

$$\text{ATT (g/100 mL)} = (\text{V} \times \text{F} \times \text{M} \times \text{PM}) / (10 \times \text{P} \times \text{n}) \quad (1)$$

Onde, V é o volume em mL da solução de NaOH utilizada na titulação, F é o fator de correção da solução de NaOH, M é a molaridade da solução de NaOH utilizada, PM é o peso molecular do ácido correspondente em g (ácido málico = 134,0874 g/mol), P é a massa da amostra em g e n é o número de hidrogênios ionizáveis.

O teor de sólidos solúveis das amostras de mosto foi mensurado pela determinação do °Brix utilizando um refratômetro (ABBE AR 1000 S, Megabrix, São Paulo, Brasil), com leituras realizadas a 20 °C

A densidade foi determinada utilizando um balão volumétrico de 2 mL. A amostra foi pesada após o preenchimento do balão volumétrico até o volume indicado, e a densidade foi calculada pela razão entre a massa e o volume (Harris, 2007). As análises foram realizadas em quintuplicata.

A quantificação dos ácidos orgânicos (málico, láctico, acético e ácido ascórbico) foi determinada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC 2695 Alliance, Waters, EUA), segundo método de Santos *et al.* (2014), com modificações. As amostras de mosto e do fermentado de maçã foram filtradas em filtro seringa (nylon, 0,22 µm) antes das análises. O sistema de HPLC foi equipado com bomba quaternária, desgaseificador, autoinjeter e acoplado a um detector de matriz de fotodiodos PDA 2998 (Waters, Milford, MA, EUA). Foi utilizado um sistema de eluição isocrático com solução aquosa de ácido sulfúrico 0,005 M em fluxo de 0,5 mL/min. A coluna Aminex HPX-87H (300 x 7,8 mm) foi mantida a 30 °C e a identificação e quantificação dos ácidos orgânicos das amostras foram obtidas por comparação dos tempos de retenção dos padrões de referência e comparação com curvas de calibração previamente preparadas.

A quantificação de açúcares (sacarose, glicose e frutose) foi realizada pelo método descrito por Santos *et al.* (2018). As amostras foram diluídas com água ultrapura de acordo com o teor de sólidos solúveis objetivando o intervalo de 0,1 a 1,0%, sendo filtrado com filtro de membrana (0,22 µm) antes da análise. O sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (Waters 2695 Alliance, Milford, MA, EUA) foi equipado com uma bomba quaternária, um desgaseificador, um auto injetor e um detector de índice de refração Waters RI 2414 (Milford,

MA, EUA). A coluna utilizada foi a Aminex HPX-87H (300 x 7,8 mm) mantida a 30 °C, e o volume de injeção foi de 10 µL e fluxo de 0,5 mL/min em condição isocrática com solução aquosa de ácido sulfúrico 0,005 M. A detecção dos açúcares foi determinada pela comparação dos tempos de retenção dos padrões de referência e a quantificação foi calculada utilizando curvas de calibração de sacarose, D-glicose e D-frutose.

2.2.2.7 Análise de cor

A cor das amostras foi verificada a partir de colorímetro digital (Konica Minolta, CM 5, Japão), com obtenção dos valores de luminosidade (L^*), coordenada vermelho/verde (a^*) e coordenada amarelo/azul (b^*), os quais foram utilizados para calcular os valores de Chroma (C^*) e ângulo hue (h^*) (Equações 2 e 3), estes representando a intensidade de cor e a tonalidade, respectivamente.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

$$h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*), \text{ quando } a^* > 0 \quad (3)$$

$$h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) + 180^\circ, \text{ quando } a^* < 0 \quad (3)$$

$$h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) + 360^\circ, \text{ quando } a^* > 0; b^* < 0 \quad (3)$$

2.2.2.8 Perfil de textura

O perfil de textura (dureza, adesividade, coesividade e gomosidade) foram avaliados utilizando o texturômetro TA.XT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido), segundo a metodologia de Salem *et al.* (2020). Foi realizada dupla compressão e as configurações do equipamento consistiram na velocidade pré-teste 1 mm/s, velocidade de teste 5 mm/s e velocidade pós-teste 5 mm/s com distância de compressão de 10 mm, tempo de 5 s e força do trigger de 5 g, probe P36R. As amostras foram acondicionadas em recipientes de 80 mL, com 5 cm de altura de amostra e mantidas fora do congelador por 15 min, visando a elevação da temperatura e permitir a textura adequada para a análise.

2.2.2.9 Propriedades tecnológicas do sorbet

A resistência à fusão foi determinada a partir da avaliação do volume de sorbet derretido de um determinado volume de amostra, de acordo com o método proposto por Palka e Skotnicka (2022), com modificações. O método consistiu na determinação do volume resultante do derretimento do sorbet após 60 min à temperatura de 20 °C, indicando a resistência ao derretimento. Foram retiradas amostras cilíndricas do sorbet congelado utilizando um molde

metálico cilíndrico com 3 cm de diâmetro e 5,5 cm de altura, sendo toda a massa do molde transferida para uma peneira acoplada a um funil e este a um cilindro medidor. Após o período de 60 min, o volume de derretido foi lido no cilindro medidor. Os resultados foram calculados a partir da Equação 4.

$$V (\%) = \frac{V_1}{V_2} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde, V é a resistência ao derretimento (%), V_1 é o volume de sorvete derretido (cm^3) e V_2 é o volume do cilindro (cm^3).

A verificação de *overrun* de cada amostra de sorbet foi realizada a partir da comparação do peso da mistura base e do produto aerado em um recipiente de volume fixo (25 mL) (Marshall; Goff; Hartel, 2003; Muse; Hartel, 2004), onde a capacidade de incorporação de ar foi calculada a partir da Equação 5.

$$\text{Overrun} (\%) = \frac{(m_{\text{mistura base}} - m_{\text{sorbet}})}{(m_{\text{sorbet}})} \cdot 100 \quad (5)$$

2.2.2.10 Análise microbiológica

As amostras foram caracterizadas microbiologicamente por meio dos métodos de contagem de microrganismos probióticos e pela avaliação dos parâmetros microbiológicos sanitários.

A contagem de bactérias lácticas foi realizada pela técnica de plaqueamento em profundidade proposta pelo *American Public Health Association* (APHA 19.52:2015) (Silva *et al.*, 2021). Uma alíquota de 25 g de cada amostra foi diluída em água peptonada 0,1% e, após homogeneização foram realizadas diluições seriadas. Uma alíquota de 1 mL de cada diluição foi inoculada em placas de Petri estéreis vazias, adicionando, em seguida, o ágar MRS. Após solidificação do meio de cultura, as placas foram incubadas a 30 ± 1 °C/72 h $\pm$ 3 h em anaerobiose.

A verificação dos parâmetros microbiológicos sanitários foi realizada anteriormente à análise sensorial, visando a segurança dos alimentos, segundo a IN nº 161 de 1º de julho de 2022. As amostras foram avaliadas pela contagem de Enterobactérias pelo método do Número Mais Provável (NMP) APHA 9.61:2015 (Silva *et al.*, 2021) e presença/ausência de *Salmonella* sp. (Silva *et al.*, 2021).

2.2.2.11 Análise sensorial

A análise sensorial das amostras de sorbet de maçã foi realizada sob aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (Protocolo #7.579.637) e após os testes de padrão microbiológico, ambos negativos para crescimento de *Salmonella* spp. e *Enterobacteriaceae*. A equipe foi formada por 16 avaliadores (13 avaliadores do sexo feminino e 3 do masculino) semi-treinados, com conhecimento em análise sensorial e consumidores de produtos derivados de maçã. Aproximadamente 30 g de cada amostra acondicionada em copo de isopor codificados com três dígitos aleatórios foi apresentada aos avaliadores, os quais avaliaram as amostras de sorbet pelos métodos de preferência e escala do ideal (Lemes; Giuliani; Bezerra, 2021). A avaliação sensorial ocorreu em duas etapas, sendo apresentadas quatro amostras em cada etapa, por meio de um Formulário do Google, conforme apresentado no Apêndice A.

A preferência das amostras foi avaliada através da escala hedônica de nove pontos, onde a nota 9 corresponde ao termo “gostei extremamente” e a nota 1 ao “desgostei extremamente”. Os atributos avaliados foram a impressão global, aparência, aroma, sabor e textura (Lemes; Giuliani; Bezerra, 2021).

O método da escala do ideal permitiu a avaliação dos atributos gosto doce, acidez, aroma de maçã, cremosidade, textura e sensação refrescante, através de uma escala de cinco pontos, onde 5 corresponde a “muito acima do ideal”, 3 como “ideal” e 1 a “muito abaixo do ideal” (Lemes; Giuliani; Bezerra, 2021).

2.2.2.12 Análise estatística

Os resultados obtidos foram expressos como a média seguida do desvio padrão amostral. As diferenças entre as médias foram avaliadas utilizando análise de variância (ANOVA), seguido de teste de Fisher LSD para comparação múltipla de médias, considerando significativas as diferenças quando $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software STATISTICA versão 7.1 (Stat-Soft Inc., Tulsa, OK, USA).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Caracterização Fenólica e Atividade Antioxidante

O mosto e a amostra fermentada com *L. acidophilus* adicionada de inulina apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos totais (Tabela 5). A concentração observada para as amostras se assemelha ao observado no estudo realizado por Vieira *et al.*

(2011), sendo encontrado pelos autores a concentração, em média, de 297 mg CAT/L para o suco de maçã Gala. A fermentação láctica do mosto de maçã pelo microrganismo probiótico reduziu significativamente o teor de compostos fenólicos em comparação ao sorbet produzido somente com o mosto de maçã sem fermentação láctica. Além disso, a combinação da inulina e sistema de espessantes e estabilizante na produção do sorbet parece ter influenciado negativamente a concentração dos compostos fenólicos, possivelmente decorrente da ligação destes à inulina e sistema de espessantes e estabilizante, os tornando indisponíveis para reagir, resultando na redução significativa dos teores (Tabela 5). Segundo Tomas *et al.* (2018), a incorporação de fibras alimentares pode promover a redução de compostos bioativos, bem como influenciar negativamente a bioacessibilidade, a biodisponibilidade e as bioatividades dos compostos fenólicos. Palka e Skotnicka (2022), também verificaram que os sorbets de abacate, melão cantaloupe, kiwi, manga e melão amarelo contendo inulina apresentaram menores valores de concentração de polifenóis totais e vitamina C.

Tabela 5 – Compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidante (ABTS, FRAP e CUPRAC) em diferentes tratamentos de sorbet de maçã.

Amostra	TPC (mg ACG/kg)	TFC (mg CTE/kg)	ABTS (μ mol TE/kg)	FRAP (μ mol TE/kg)	CUPRAC (μ mol TE/kg)
1 M	323 ^a $\pm$ 25	110 ^b $\pm$ 7	1271 ^b $\pm$ 135	1444 ^{ab} $\pm$ 76	5632 ^c $\pm$ 321
2 MI	281 ^b $\pm$ 17	98 ^d $\pm$ 2	1720 ^a $\pm$ 106	1259 ^c $\pm$ 120	5841 ^{ab} $\pm$ 76
3 MG	236 ^d $\pm$ 15	103 ^{cd} $\pm$ 5	808 ^e $\pm$ 77	1000 ^d $\pm$ 157	4283 ^e $\pm$ 90
4 MIG	250 ^{cd} $\pm$ 22	91 ^e $\pm$ 4	1188 ^b $\pm$ 48	1077 ^d $\pm$ 131	3875 ^f $\pm$ 266
5 MLA85	251 ^{cd} $\pm$ 22	112 ^b $\pm$ 6	943 ^{cd} $\pm$ 98	1153 ^{cd} $\pm$ 35	5701 ^{bc} $\pm$ 194
6 MILA85	332 ^a $\pm$ 16	124 ^a $\pm$ 6	1266 ^b $\pm$ 72	1519 ^a $\pm$ 145	5993 ^a $\pm$ 119
7 MGLA85	268 ^{bc} $\pm$ 12	116 ^b $\pm$ 7	891 ^{de} $\pm$ 41	1049 ^d $\pm$ 55	4423 ^{de} $\pm$ 164
8 MIGLA85	256 ^{cd} $\pm$ 28	103 ^c $\pm$ 7	1052 ^c $\pm$ 166	1298 ^{bc} $\pm$ 211	4536 ^d $\pm$ 225

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; ACG: equivalente de ácido clorogênico; CTE: equivalente de catequina; TE: equivalente de Trolox; ABTS: método de captura do radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico; FRAP: poder antioxidante da redução do ferro; CUPRAC: atividade antioxidante redutora de íons cúpricos.

Em contrapartida, a fermentação láctica resultou em um aumento do teor de compostos fenólicos totais na amostra adicionada de inulina, possivelmente em decorrência da liberação de compostos fenólicos ligados à matriz alimentar pela atividade metabólica de *L. acidophilus*, além do possível efeito protetor promovido pela adição da inulina (Tabela 5). Comportamento semelhante foi observado por Wang *et al.* (2022), onde os teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais em sucos de kiwi fermentados com bactérias lácticas (*Lactobacillus*

acidophilus 85, *Lactobacillus helveticus* 76 e *Lactobacillus plantarum* 90) aumentaram significativamente. Esse aumento pode ser atribuído à hidrólise ácida e enzimática promovida por enzimas hidrolíticas produzidas por cepas de bactérias lácticas, resultando na conversão de compostos fenólicos complexos em formas mais simples (Hur *et al.*, 2014). Entretanto, o congelamento durante a fabricação do sorbet reduziu o teor de compostos fenólicos e flavonoides nas amostras, mas a redução foi menor nas amostras adicionadas de inulina, indicando um possível efeito protetor dos compostos bioativos promovido pelo prebiótico.

De modo semelhante, o maior valor de flavonoides totais foi observado para a amostra fermentada com *L. acidophilus* adicionada de inulina (Tabela 5). O sorbet produzido somente com mosto apresentou teor de flavonoides totais de 110 mg CTE/kg, valor inferior ao observado por Silva *et al.* (2019), onde os autores observaram valor de 157 mg CTE/L para o suco da cultivar Gala. Semelhante ao observado para o teor de compostos fenólicos totais, a fermentação láctica com bactéria probiótica não afetou a concentração de flavonoides totais. Entretanto, ao comparar a amostra de mosto adicionada de sistema de espessantes e estabilizante e inulina (4 MIG), a amostra fermentada com a bactéria probiótica adicionada de sistema de espessantes e estabilizante e inulina (8 MIGLA85) e das amostras adicionadas de inulina (2 MI e 6 MILA85) é possível observar que a fermentação láctica aumentou significativamente o teor de flavonoides, possivelmente em decorrência da conversão de compostos mais complexos em suas formas mais simples (Hur *et al.*, 2014) e proteção dos compostos durante o congelamento, reduzindo a degradação dos flavonoides no decorrer do processamento de obtenção do sorbet.

Foi observado uma redução significativa da atividade antioxidante das amostras de sorbet de maçã fermentada com *L. acidophilus* pelo método de ABTS, onde o maior valor foi obtido para a amostra adicionada de inulina (Tabela 5). Além disso, a adição do sistema de espessantes e estabilizante também reduziu os valores de atividade antioxidante, possivelmente devido à associação dos compostos fenólicos com carboidratos presentes no sistema, fenômeno já descrito para polissacarídeos e procianidinas (Gonçalves; Mateus; Freitas, 2011). A goma xantana, um dos componentes presentes no sistema de espessantes e estabilizante utilizado na formulação do sorbet de maçã, é formada por uma cadeia principal linear de β -D-glicose, ligada a ramificações de trissacarídeos carregadas eletricamente. Em solução, essas cadeias se organizam lateralmente, formando uma rede com propriedades gelatinosas. Devido à sua elevada carga, a goma xantana possui a capacidade de interagir por meio de ligações de hidrogênio com compostos fenólicos, como os polifenóis, contribuindo para a estabilização dos complexos formados (Gonçalves, Mateus e Freitas, 2011). Nesse contexto, os compostos

fenólicos presentes nas amostras com adição do sistema de espessantes e estabilizante podem apresentar redução na concentração detectável e na atividade antioxidante, uma vez que permanecem retidos na matriz da goma e, portanto, podem não estar prontamente disponíveis para reagir nos modelos *in vitro* e exercer sua função antioxidante.

Em contrapartida, para a atividade antioxidante avaliada pelo método FRAP, os resultados estão coerentes com o comportamento observado para as classes fenólicas, especialmente para compostos fenólicos totais, onde as amostras com maiores valores foram o mosto (1 M) e a amostra fermentada com *L. acidophilus* adicionada de inulina (6 MILA85) (Tabela 4). Além das explicações que levaram aos maiores resultados para as classes fenólicas, outra possível razão pela qual a atividade antioxidante foi superior para a amostra fermentada com a cepa probiótica consiste na capacidade das bactérias ácido lácticas apresentarem mecanismos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, desempenhando ação antioxidante, além da redução da geração de espécies reativas de oxigênio (Hur *et al.*, 2014). Os valores de atividade antioxidante pelo método FRAP variaram de 1000 a 1519 $\mu\text{mol TE/L}$, correspondentes às amostras 3 MG e 6 MILA85, respectivamente. Em comparação, Silva *et al.* (2019) relataram valores inferiores de atividade antioxidante, com 637 $\mu\text{mol TE/L}$ para o suco de maçã da cultivar Gala.

A atividade antioxidante para o método de redução de íons cúpricos foi estatisticamente semelhante entre as amostras de mosto (1 M) e fermentado com *L. acidophilus* (5 MLA85), demonstrando que a fermentação láctica com a bactéria probiótica não alterou significativamente a atividade antioxidante do sorbet de maçã pelo método CUPRAC (Tabela 4). De modo similar, não foram observadas diferenças significativas entre as amostras adicionadas de inulina fermentadas ou não (2 MI e 6 MILA85). Entretanto, menores valores foram observados para as amostras adicionadas do sistema de espessantes e estabilizante, possivelmente decorrente da interação das componentes do sistema de espessantes e estabilizante utilizada (guar, xantana e CMC), como já discutido anteriormente.

2.3.2 Caracterização Físico-Química, Análise de Cor, Perfil de Textura e Propriedades Tecnológicas do Sorbet

A caracterização físico-química das amostras de sorbet de maçã foi realizada pela avaliação do pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, densidade, resistência à fusão, *overrun* (Tabela 6), cor (Tabela 7, Figura 5), textura (Tabela 8) e ácidos orgânicos e açúcares (Tabela 9).

Os valores de pH das amostras foram significativamente diferentes, variando de 3,84 a 4,06, para a amostra 7 MGLA85 e 8 MIGLA85, respectivamente. As amostras fermentadas adicionadas de inulina (6 MILA85) ou sistema de espessantes e estabilizante (7 MGLA85) apresentaram a maior acidez titulável total (0,43 Eq. ácido málico/100g), enquanto a amostra sem fermentação láctica adicionada de ambos os ingredientes (4 MIG) obteve o menor valor (0,36 Eq. ácido málico/100g). A amostra fermentada adicionada de inulina obteve o maior teor de sólidos solúveis totais, enquanto o menor teor foi obtido na amostra 1 M, contendo somente o mosto de maçã. A adição de inulina aumentou significativamente o teor de sólidos solúveis totais, resultado já esperado, uma vez que a inulina é uma fibra solúvel (Khetu *et al.*, 2023) e, consequentemente, aumenta o teor de sólidos solúveis totais. A formulação empregada na produção do sorbet confere 3 g de inulina por porção, mantendo a funcionalidade prebiótica do produto. Segundo a legislação brasileira, a porção de alimentos com alegação funcional prebiótica deve fornecer no mínimo 2,5 g de inulina (Brasil, 2019).

A inulina adicionada na amostra não submetida à fermentação láctica (2 MI) promoveu um aumento significativo na densidade, possivelmente decorrente do aumento de sólidos solúveis, como verificado pelo aumento do teor de sólidos solúveis totais de 9,75 para 14,33 °Brix, no mosto (1 M) e mosto adicionado de inulina (2 MI), respectivamente. Apesar do maior valor de sólidos solúveis totais observado na amostra fermentada adicionada de inulina (6 MILA85), o processo fermentativo aparentemente superou esse aumento de sólidos. A fermentação láctica reduziu (-0,76%) a densidade da amostra fermentada, possivelmente em decorrência da metabolização de açúcares presentes e formação de ácidos orgânicos, resultando na redução significativa da densidade. Além da alteração no perfil de açúcares promovida pela fermentação láctica com *L. acidophilus* LA85, a conversão parcial do ácido málico inicialmente presente no mosto de maçã em ácido láctico (Cerri *et al.*, 2023), possivelmente causou a redução da densidade na amostra fermentada (5 MLA85) em comparação à amostra sem fermentação láctica (1 M).

A inulina e a fermentação láctica impactaram negativamente na resistência à fusão do sorbet, onde maiores resultados foram observados para a amostra contendo inulina (2 MI), somente fermentada (5 MLA85), fermentada adicionada de inulina (6 MILA85) e fermentada adicionada de sistema de espessantes e estabilizante (7 MGLA85). Maiores percentuais de volume derretido na avaliação da resistência à fusão do sorbet indicam maior derretimento da amostra, refletindo em menor resistência à fusão. Entretanto, o sistema de espessantes e estabilizante adicionada de modo isolado (3 MG) contribuiu para maior estabilidade ao derretimento, mantendo aproximadamente 64% da massa congelada após 60 min a 20 °C. Com

exceção da amostra contendo somente o sistema de espessantes e estabilizante (3 MG), todas as demais amostras apresentaram valores acima de 42%, indicando que o sorbet apresenta resistência à fusão, mantendo a estabilidade estrutural durante o período destinado para o consumo do produto. Estes valores são superiores aos observados por Palka e Skotnicka (2022), onde os autores avaliaram a resistência ao derretimento de amostras de sorbet produzidos com diferentes frutas (abacate, kiwi, melão mel, melão amarelo e manga), os quais variaram de 11,46 a 38,41% e a adição de inulina afetou a resistência à fusão, reduzindo significativamente o volume derretido, aumentando a resistência à fusão do sorbet.

Outro parâmetro relevante envolvido na estabilidade e perfil sensorial do sorbet é o *overrun*, o qual reflete a quantidade de ar incorporada à massa de gelados comestíveis como o sorvete e sorbet, resultando em aumento de volume e proporcionando textura mais leve. O *overrun* das amostras de sorbet variou de 11,28% a 35,08%, sendo o maior valor obtido para a amostra fermentada adicionada de sistema de espessantes e estabilizante e inulina (8 MIGLA85). O *overrun* é influenciado pelo teor de proteína e gordura da formulação, logo, este é menor para sorbet (10 – 40%), em comparação a sorvetes à base de leite (Palka; Skotnicka, 2022). Palka e Skotnicka (2022), observaram valores de *overrun* variando de 12,33% a 19,67% para sorbet de diferentes frutas, sendo inferiores ao presente trabalho. Tal variação foi justificada pelos autores em decorrência da influência do tipo de fruta e adição de inulina. Segundo Pintor, Escalona-Buendía e Totosaus (2017), a inulina atua controlando a água disponível, retendo a água livre, resultando em cristais de gelo menores, refletindo uma textura mais macia.

As amostras de sorbet de maçã apresentaram coloração amarela (Figura 5) e os resultados para os parâmetros de cor são apresentados na Tabela 6. De modo geral, foi observado um aumento nos valores correspondentes à coordenada vermelho/verde (a^*) para as amostras fermentadas. O menor valor foi obtido para o mosto adicionado de inulina (2 MI; 2,76), demonstrando que essa amostra apresenta uma coloração menos vermelha, em comparação com as demais. Com relação à coordenada amarelo/azul (b^*), o mosto apresentou o maior valor, indicando que a adição da inulina, sistema de espessantes e estabilizante e a fermentação láctica resultaram em uma redução nesse parâmetro, reduzindo a cor amarela da amostra, onde a fermentação láctica foi o tratamento que exerceu maior influência, principalmente quando adicionado da fibra prebiótica e sistema de espessantes e estabilizante. Entretanto, esta amostra apresentou a maior luminosidade, indicando que os tratamentos resultaram em uma mudança significativa na claridade das amostras.

O ângulo hue (h) representa a tonalidade ou matriz de uma cor, onde as amostras apresentaram diferença significativa, mas todas se encontram próximas de 90°, indicando coloração amarela, porém, a fermentação láctica exerceu maior influência na tonalidade, reduzindo os valores significativamente. Por fim, as amostras de mosto e mosto adicionado do sistema de espessantes e estabilizante apresentaram os maiores valores de Chroma (C) representando maior intensidade da cor, indicando que a adição de inulina e principalmente a fermentação láctica influenciaram significativamente a intensidade da cor das amostras de sorbet.

Tabela 6 – Parâmetros físico-químicos (pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, densidade, resistência à fusão e *overrun*) de sorbet de maçã.

Amostra	pH	Acidez Titulável Total (g/100 mL)	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Densidade (g/L)	Resistência à Fusão (%)	<i>Overrun</i> (%)
1 M	3,91 ^{cd} ± 0,03	0,39 ^b ± 0,01	9,75 ^g ± 0,00	1046 ^b ± 10	43,73 ^{bc} ± 3,64	20,45 ^d ± 1,04
2 MI	3,90 ^d ± 0,01	0,39 ^b ± 0,01	14,33 ^c ± 0,14	1060 ^a ± 10	55,30 ^a ± 1,82	23,21 ^{cd} ± 2,59
3 MG	4,00 ^b ± 0,03	0,39 ^b ± 0,00	10,75 ^e ± 0,00	1050 ^b ± 5	36,01 ^c ± 3,64	35,03 ^a ± 4,26
4 MIG	4,00 ^b ± 0,03	0,36 ^c ± 0,00	14,42 ^c ± 0,14	1044 ^{bc} ± 6	42,44 ^{bc} ± 5,46	26,58 ^{bc} ± 1,68
5 MLA85	3,90 ^d ± 0,01	0,38 ^b ± 0,00	10,08 ^f ± 0,14	1038 ^c ± 7	50,16 ^{ab} ± 1,82	21,48 ^d ± 1,15
6 MILA85	3,95 ^c ± 0,01	0,43 ^a ± 0,00	16,00 ^a ± 0,00	1046 ^{bc} ± 4	51,44 ^{ab} ± 3,64	11,28 ^e ± 1,38
7 MGLA85	3,84 ^e ± 0,00	0,43 ^a ± 0,00	11,00 ^d ± 0,00	1043 ^{bc} ± 8	46,30 ^{ab} ± 7,28	28,39 ^b ± 3,09
8 MIGLA85	4,06 ^a ± 0,01	0,39 ^b ± 0,01	14,75 ^b ± 0,00	1041 ^{bc} ± 5	42,44 ^{bc} ± 1,82	35,08 ^a ± 2,14

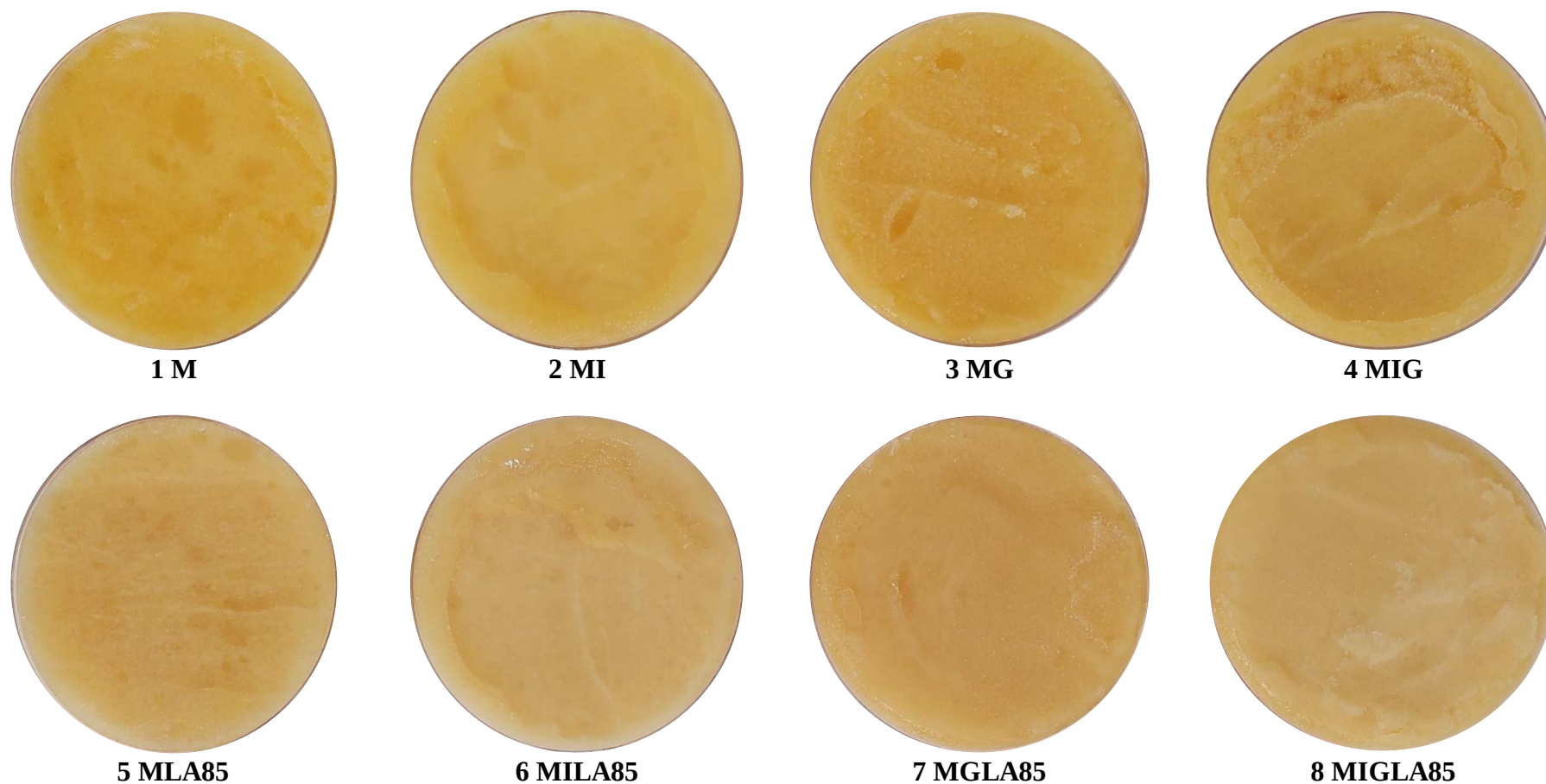
Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante.

Tabela 7 – Parâmetros de cor (coordenada vermelho/verde (a*), coordenada amarelo/azul (b*), luminosidade (L), ângulo hue (h) e Chroma (C)) de diferentes tratamentos de sorbet de maçã.

Amostra	a*	b*	L	h	C
1 M	4,35 ^c ± 0,16	38,52 ^a ± 0,45	65,33 ^g ± 0,23	83,57 ^b ± 0,15	38,76 ^a ± 0,46
2 MI	2,76 ^d ± 0,15	35,63 ^c ± 0,36	67,85 ^e ± 0,24	85,57 ^a ± 0,21	35,74 ^c ± 0,37
3 MG	4,28 ^c ± 0,13	37,31 ^b ± 0,18	66,57 ^f ± 0,53	83,46 ^b ± 0,17	37,56 ^{ab} ± 0,19
4 MIG	4,35 ^c ± 0,06	36,96 ^b ± 0,08	70,13 ^c ± 0,42	83,29 ^b ± 0,08	37,22 ^b ± 0,09
5 MLA85	5,11 ^a ± 0,06	30,81 ^d ± 0,22	66,80 ^f ± 0,46	80,58 ^{cd} ± 0,06	31,23 ^d ± 0,23
6 MILA85	4,96 ^{ab} ± 0,68	30,55 ^d ± 1,67	72,51 ^b ± 0,22	80,80 ^{cd} ± 0,73	30,96 ^d ± 1,76
7 MGLA85	5,30 ^a ± 0,08	31,14 ^d ± 0,09	68,49 ^d ± 0,19	80,33 ^d ± 0,13	31,59 ^d ± 0,10
8 MIGLA85	4,57 ^{bc} ± 0,18	28,66 ^e ± 0,61	74,56 ^a ± 0,35	80,94 ^c ± 0,20	29,02 ^e ± 0,63

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante.

Figura 5 – Fotos das formulações de sorbet de maçã.



Nota: 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante.

Os parâmetros de textura das amostras de sorbet são apresentados na Tabela 8. A dureza está relacionada com a força necessária para comprimir um alimento, indicando sua resistência à deformação (Rosenthal, 1999). O sorbet fermentado com adição exclusiva de inulina apresentou um valor significativamente maior de dureza, possivelmente em decorrência da formação de uma estrutura mais densa e compacta promovida pelas interações da inulina com a matriz aquosa durante a fabricação do sorbet. Embora a inulina possa reduzir a taxa de cristalização de gelo ao reter a água na matriz (Pintor; Escalona-Buendía; Totosa, 2017), sua presença também contribuiu para uma menor incorporação de ar, indicada pelo *overrun* significativamente menor observado nesta amostra, resultando em uma textura mais firme e resistente à deformação. Comportamento semelhante foi observado por Akalin, Karagözlü e Ünal (2008), para sorvetes com teor reduzido de gordura contendo isolado de proteína de soro de leite e inulina, onde os autores verificaram que a inulina aumentou a dureza do sorvete em comparação ao sorvete controle. Em contrapartida, a amostra fermentada adicionada de sistema de espessantes e estabilizante e inulina (8 MIGLA85), apresentou a menor dureza, indicando o efeito positivo dos tratamentos empregados na formulação do sorbet. O sistema de espessantes e estabilizante influenciou positivamente a textura do sorbet, reduzindo a dureza e proporcionando uma textura significativamente mais macia.

A adesividade mede o trabalho necessário para afastar o alimento de uma superfície (Rosenthal, 1999). O sorbet fermentado adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante apresentou a maior adesividade, ou seja, ficou mais aderido, podendo indicar uma melhora significativa na textura, uma vez que essa amostra apresentou o maior valor de aceitabilidade na análise sensorial. Comportamento semelhante foi observado para o sorvete de iogurte com adição de inulina, possivelmente em decorrência da inulina formar uma matriz de gel viscosa (El-Nagar *et al.*, 2002).

A coesividade reflete a força das ligações internas que compõem o alimento (Rosenthal, 1999), indicando que a adição de sistema de espessantes e estabilizante e inulina, bem como a fermentação láctica, levaram à redução da coesividade, resultando em menor resistência e melhor deglutição. A gomosidade indica a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido até que ele esteja pronto para ser engolido (Rosenthal, 1999). Com base nos resultados, a amostra fermentada adicionada de inulina (6 MILA85) apresentou o maior valor de gomosidade, ou seja, é necessário maior esforço mastigatório ou compressivo para desintegrar o sorbet durante o consumo, podendo dificultar a deglutição. Em comparação à amostra fermentada adicionada de sistema de

espessantes e estabilizante e inulina (8 MIGLA85), é necessária uma força aproximadamente 12 vezes menor, em comparação com a amostra fermentada adicionada somente de inulina (6 MILA85) e 3 vezes menor comparada com a amostra somente fermentada (5 MLA85). A adição do sistema de espessantes e estabilizante exerceu um efeito positivo na deglutição do sorbet, ao reduzir significativamente os valores de gomosidade. Essa diminuição sugere menor esforço necessário para desintegrar a amostra durante o consumo. Foi possível observar uma redução de 6 e 2 vezes na força necessária para deglutição nas amostras sem fermentação láctica e com fermentação láctica, respectivamente. Adicionalmente, as amostras com maiores valores de *overrun* apresentaram os menores valores de gomosidade, indicando menor resistência e menor coesão ao mastigar.

Tabela 8 – Parâmetros de textura (dureza, adesividade, coesividade e gomosidade) em diferentes tratamentos de sorbet de maçã.

Amostra	Dureza (N)	Adesividade (N.s)	Coesividade*	Gomosidade (N)
1 M	380,81 ^b ± 110,36	45,71 ^{ef} ± 6,63	0,149 ^a ± 0,018	56,74 ^a ± 16,44
2 MI	318,98 ^{bc} ± 80,81	47,68 ^e ± 4,79	0,090 ^c ± 0,001	28,71 ^b ± 7,27
3 MG	160,71 ^{de} ± 60,40	128,78 ^{bc} ± 37,27	0,055 ^e ± 0,004	8,84 ^c ± 3,32
4 MIG	132,07 ^{de} ± 49,62	100,25 ^{cd} ± 46,34	0,068 ^{de} ± 0,007	8,98 ^c ± 3,37
5 MLA85	247,87 ^{cd} ± 16,39	59,21 ^{de} ± 0,48	0,088 ^{cd} ± 0,006	21,69 ^{bc} ± 1,43
6 MILA85	541,97 ^a ± 35,45	59,80 ^{de} ± 13,96	0,112 ^b ± 0,019	60,70 ^a ± 3,97
7 MGLA85	169,16 ^{de} ± 17,39	181,49 ^b ± 31,12	0,049 ^e ± 0,005	8,23 ^c ± 0,85
8 MIGLA85	80,35 ^e ± 12,17	286,12 ^a ± 43,36	0,061 ^e ± 0,010	4,90 ^c ± 0,74

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). * Adimensional. 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante.

O teor de ácidos orgânicos e açúcares das amostras de sorbet de maçã analisadas por Cromatografia Líquida e Alta Eficiência (CLAE) são apresentados na Tabela 9. Visando a preservação do sistema de cromatografia, somente as amostras de mosto e mosto fermentado foram avaliadas quanto seu teor de ácidos orgânicos e açúcares. Uma redução significativa do teor de ácido málico ocorreu com a fermentação láctica em decorrência da conversão deste em ácido láctico e gás carbônico (Cerri *et al.*, 2023). Como esperado, os teores de ácido láctico e ácido acético aumentaram significativamente na amostra fermentada. Sheng *et al.* (2022), verificou aumento significativo da concentração de ácido acético no suco de uva vermelha fermentada com *L. acidophilus* LA-26 por 48 h.

Tabela 9 – Teores de ácidos orgânicos e açúcares em duas formulações de sorbet de maçã.

Parâmetros químicos	1 M	5 MLA85
<i>Ácidos orgânicos</i>		
Málico (g/L)	6,59 ^a ± 0,02	4,66 ^b ± 0,02
Lático (g/L)	1,28 ^b ± 0,00	2,19 ^a ± 0,03
Acético (g/L)	ND	15,45 ^a ± 0,02
<i>Açúcares</i>		
Sacarose (g/L)	18,33 ^a ± 0,62	14,42 ^b ± 0,62
Glicose (g/L)	18,79 ^b ± 0,12	29,45 ^a ± 0,41
Frutose (g/L)	121,66 ^a ± 0,29	110,01 ^b ± 0,22

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). ND: não detectado. 1 M: sorbet de mosto de maçã; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85.

A fermentação láctica do mosto de maçã por *L. acidophilus* por 72 h resultou em uma redução significativa dos teores de frutose e sacarose, com diminuições de 11,65 g/L e 3,91 g/L, respectivamente, enquanto o teor de glicose aumentou em 10,66 g/L (Tabela 8). Esses dados indicam que a frutose, presente inicialmente no meio e liberada pela hidrólise da sacarose, foi rapidamente consumida pela cepa via conversão da frutose em frutose-6-fosfato. O aumento de glicose, superior ao esperado apenas pela quebra da sacarose, sugere que *L. acidophilus* priorizou o consumo de frutose, permitindo o acúmulo de glicose no meio. Esse comportamento está de acordo com a literatura, que aponta uma via preferencial de metabolização da frutose quando esta é proveniente da sacarose. A preferência de utilização de açúcares pela *L. acidophilus* é glicose ≥ frutose > sacarose ≥ lactose > galactose (Srinivas; Mital; Garg, 1990). O metabolismo fermentativo da *L. acidophilus* utiliza a glicose através da via Embden-Meyerhof-Parnas (EMP), também conhecida como glicólise. Entretanto, a via metabólica onde a bactéria ácido láctica utiliza a frutose depende da fonte deste carboidrato, ou seja, se foi fornecido externamente ou se é produto da hidrólise da sacarose (Srinivas; Mital; Garg, 1990). Nesse sentido, quando proveniente da hidrólise da sacarose, a frutose é fosforilada em frutose-6-fosfato pela D-fosfofrutoquinase, e entra diretamente na via EMP e quando a frutose é fornecida externamente, esta entra na célula como frutose-1-fosfato, por meio do sistema de D-frutose 1-fosfotransferase. Além disso, a D-frutose 1-fosfato quinase é outra enzima capaz de converter a frutose 1-fosfato em frutose 1,6-difosfato, que então entra na via EMP (Srinivas; Mital; Garg, 1990).

2.3.3 Análise Microbiológica

A análise microbiológica avaliou as amostras de sorbet de maçã quanto sua concentração de microrganismos probióticos, quantificado pela contagem de bactérias lácticas, bem como pela análise de presença/ausência de *Salmonella* spp. e contagem de Enterobacteriaceae. Todas as amostras apresentaram resultados negativos para as análises referentes a contaminação (*Salmonella* spp. e Enterobacteriaceae), sendo, portanto, seguras para o consumo e para a avaliação sensorial.

Com relação à concentração de microrganismos probióticos, todas as amostras foram avaliadas antes da obtenção do sorbet (logo após a fermentação láctica), depois da fabricação do sorbet e durante o período de armazenamento de 90 dias a -18 °C, com alíquotas coletadas com 30, 60 e 90 dias. As amostras não fermentadas com *L. acidophilus* (1 M, 2 MI, 3 MG e 4 MIG) apresentaram ausência de crescimento de bactérias lácticas. Os resultados para as amostras fermentadas são apresentados no Gráfico 1. O processo de congelamento empregado durante a obtenção do sorbet não afetou a contagem de *L. acidophilus*, mantendo os valores de unidades formadoras de colônias semelhantes ao observado antes do congelamento.

A amostra fermentada com *L. acidophilus* adicionada de sistema de espessantes e estabilizante e inulina (8 MIGLA85), apresentou a menor variação durante o armazenamento, onde após 90 dias foi observado uma redução de somente 1 unidade logarítmica ($\log_{10}$), significativamente menor quando comparado à amostra contendo somente o mosto, a qual obteve uma redução de aproximadamente 4 unidades logarítmicas ($\log_{10}$). Além disso, as amostras adicionadas de sistema de espessantes e estabilizante, inulina e da combinação destas apresentaram valores de contagem de bactérias lácticas significativamente semelhantes. Dessa forma, o sistema de espessantes e estabilizante e a inulina demonstram a capacidade de proteção das células bacterianas, possivelmente em decorrência da formação de cristais de gelo menores, que por sua vez causam menor danos às células, além de fornecer proteção durante o armazenamento.

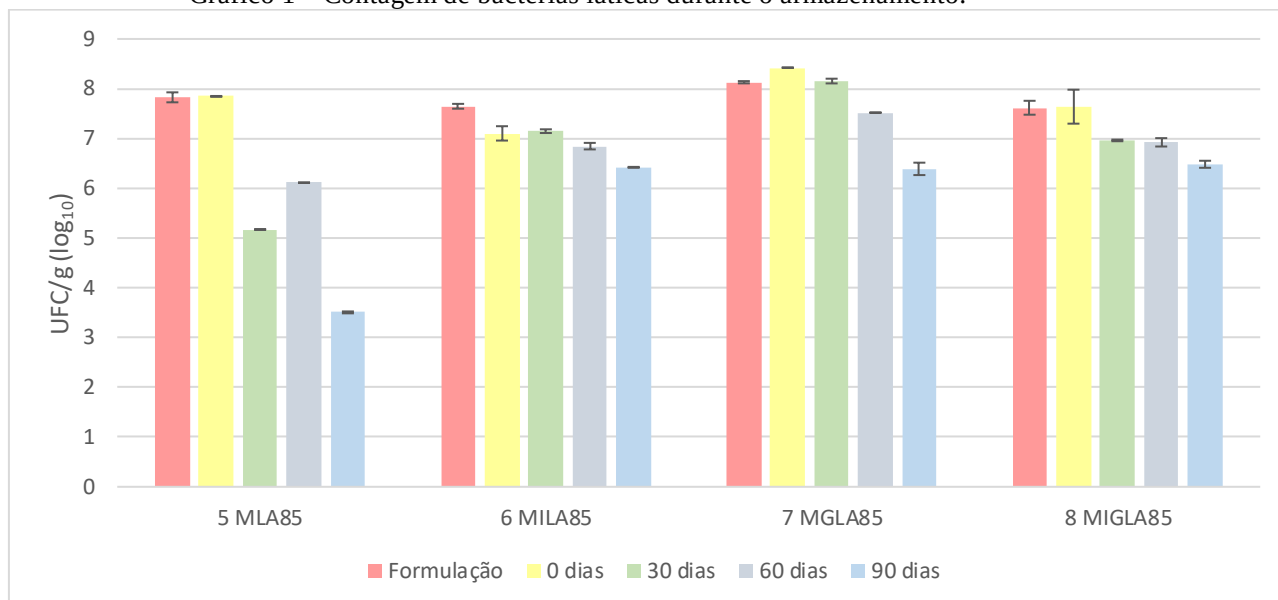
A concentração mínima para que as cepas probióticas desempenhem efeitos benéficos ocorrem na faixa de 10^8 - 10^9 UFC/porção (Hirai, 2018). Considerando a densidade, as amostras de sorbet obtiveram, ao final do período de 90 dias de armazenamento, as concentrações de $1,85 \times 10^5$, $1,51 \times 10^8$, $1,44 \times 10^8$ e $1,76 \times 10^8$ UFC/porção para o sorbet produzido com mosto fermentado (5 MLA85), mosto fermentado adicionado de inulina (6 MILA85), mosto fermentado adicionado de sistema de espessantes e estabilizante (7 MGLA85) e mosto fermentado adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante (8 MIGLA85), respectivamente. Dessa forma,

somente o sorbet formulado com mosto de maçã não atingiu a viabilidade mínima necessária para ser considerado um alimento potencialmente probiótico, comprovando os efeitos positivos da utilização da inulina e do sistema de espessantes e estabilizante, indicando os efeitos crioprotetores dos polissacarídeos durante o armazenamento, principalmente quando utilizados de forma combinada.

Os polissacarídeos apresentam as propriedades de crioestabilização e crioproteção, exercidas por meio da limitação da mobilidade molecular e pela restrição do crescimento de cristais de gelo (adsorção ao núcleo ou aos sítios de crescimento do cristal) (Damodaran; Parkin; Fennema, 2010). Estabilizantes, como a goma xantana, são conhecidos por sua propriedade crioprotetora, resultando em um efeito positivo na sobrevivência de microrganismos probióticos durante o congelamento (Tyutkov *et al.*, 2022). O efeito de preservação da viabilidade celular promovido por gomas e pela inulina foi verificado na literatura (Rezaei *et al.*, 2013; Akin; Akin; Kirmaci, 2007). Akin, Akin e Kirmaci (2007), observaram um efeito positivo da adição de 2% de inulina ao sorvete, onde a sobrevivência de *L. acidophilus* foi preservada com concentração celular de 10^6 UFC/g em comparação ao controle sem inulina (10^5 UFC/g) após 90 dias de armazenamento. Rezaei *et al.* (2013) observaram que a goma guar manteve a viabilidade de probióticos (*L. acidophilus* e *Bifidobacterium*) de frozen yogurt durante 60 dias.

A temperatura de armazenamento dos alimentos e mantê-la estável é crucial, uma vez que o tamanho dos cristais de gelo pode aumentar durante o período de armazenamento (Park *et al.*, 2015; Tyutkov *et al.*, 2022). Além disso, segundo Jay, Loessner e Golden (2005), o armazenamento de bactérias a temperaturas abaixo de -20 °C apresenta menor impacto na letalidade em comparação com temperaturas mais altas (aproximadamente -10 °C). Assim, além da manutenção da temperatura de armazenamento das amostras, a adição de crioprotetores, como gomas e inulina, são cruciais para a sobrevivência de bactérias probióticas em produtos congelados.

Gráfico 1 – Contagem de bactérias lácticas durante o armazenamento.



2.3.4 Avaliação Sensorial

O sorbet obteve, de modo geral, preferência acima de 75% para os parâmetros de impressão global, aparência, aroma e sabor, para os quais não foram observadas diferenças significativas (Tabela 10). Com relação a preferência geral, todos os atributos avaliados (impressão global, aparência, aroma, sabor e textura) de todas as amostras obtiveram valores acima de 63%. A amostra fermentada e adicionada de inulina e sistema de espessantes e estabilizante (8 MIGLA85), obteve os maiores resultados, especialmente para a textura (90%). As melhores notas para o atributo textura foram observados nas amostras adicionadas de sistema de espessantes e estabilizante e inulina fermentadas ou não (4 MIG e 8 MIGLA85), e fermentadas adicionadas somente de inulina (6 MILA85) e sistema de espessantes e estabilizante (7 MGLA85), evidenciando que a adição do prebiótico e do sistema de espessantes e estabilizante influenciam positivamente, melhorando significativamente a qualidade sensorial do produto, e, consequentemente, melhorando a aceitabilidade pelos consumidores.

A escala do ideal indicou que as amostras de sorbet não apresentaram diferença significativa para os atributos gosto doce, acidez, aroma de maçã e sensação refrescante (Tabela 11). Dessa forma, fica constatado que a adição da inulina e do sistema de espessantes e estabilizante, bem como a fermentação láctica com a bactéria probiótica, não exerceu influência significativa na percepção desses atributos sensoriais, os quais

permaneceram próximos da condição ideal e sem distinção significativa da amostra contendo somente o mosto de maçã.

Contudo, os atributos de cremosidade e textura apresentaram maiores variações entre as amostras (Tabela 11, Figura 6). Para ambos os atributos, a amostra fermentada adicionada de inulina e sistema de espessantes e estabilizante (8 MIGLA85) apresentou o valor de 2,94, sendo a mais próxima da condição ideal. Esse resultado demonstra que a associação entre a fermentação probiótica e a adição de inulina e do sistema de espessantes e estabilizante exerceu influência positiva na percepção sensorial do sorbet de maçã.

Conforme observado na Figura 6, os atributos gosto doce, acidez, aroma de maçã e sensação refrescante apresentaram maior frequência de notas 3, correspondentes à condição ideal, indicando que esses atributos foram percebidos como adequados pela maioria dos avaliadores. Além disso, embora tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros físico-químicos de pH e acidez titulável total, essas variações não impactaram a percepção sensorial das amostras.

Para os atributos cremosidade e textura, as maiores frequências de notas correspondentes ao ideal também foram observadas nas amostras contendo inulina e sistema de espessantes e estabilizante. Em contrapartida, as formulações sem esses ingredientes apresentaram maior frequência de notas abaixo do ideal, especialmente para a cremosidade, o qual obteve maior frequência de notas 1 (“muito abaixo do ideal”), evidenciando que a ausência de inulina e do sistema de espessantes e estabilizante impactou negativamente a percepção de cremosidade do produto.

Tabela 10 – Resultados da preferência das formulações de sorbet por atributos.

Amostra	Impressão Global		Aparência		Aroma		Sabor		Textura	
	MD	P (%)	MD	P (%)	MD	P (%)	MD	P (%)	MD	P (%)
1 M	7,19 ± 1,22	80 ± 14	7,38 ± 1,41	82 ± 16	6,81 ± 1,17	76 ± 13	7,50 ± 0,89	83 ± 10	5,75 ^d ± 1,57	64 ^d ± 17
2 MI	7,56 ± 1,46	84 ± 16	7,00 ± 1,86	78 ± 21	6,88 ± 1,63	76 ± 18	7,06 ± 1,84	78 ± 20	6,06 ^{cd} ± 1,69	67 ^{cd} ± 19
3 MG	7,31 ± 1,35	81 ± 15	7,00 ± 1,37	78 ± 15	7,06 ± 1,61	78 ± 18	7,63 ± 1,15	85 ± 13	6,75 ^{bcd} ± 2,11	75 ^{bcd} ± 23
4 MIG	7,38 ± 1,59	82 ± 18	6,81 ± 1,76	76 ± 20	7,06 ± 1,53	78 ± 17	7,38 ± 1,41	82 ± 16	7,50 ^{ab} ± 1,86	83 ^{ab} ± 21
5 MLA85	7,06 ± 1,06	78 ± 12	7,19 ± 0,98	80 ± 11	6,75 ± 1,73	75 ± 19	6,81 ± 1,47	76 ± 16	6,25 ^{cd} ± 1,13	69 ^{cd} ± 13
6 MILA85	7,13 ± 1,26	79 ± 14	7,25 ± 1,24	81 ± 14	7,00 ± 1,63	78 ± 18	6,81 ± 1,33	76 ± 15	7,06 ^{abc} ± 1,57	78 ^{abc} ± 17
7 MGLA85	7,13 ± 1,36	79 ± 15	7,31 ± 1,25	81 ± 14	6,81 ± 1,52	76 ± 17	6,81 ± 1,47	76 ± 16	7,56 ^{ab} ± 0,96	84 ^{ab} ± 11
8 MIGLA85	7,50 ± 1,37	83 ± 15	7,38 ± 1,50	82 ± 17	7,19 ± 1,56	80 ± 17	7,38 ± 0,96	82 ± 11	8,13 ^a ± 0,89	90 ^a ± 10

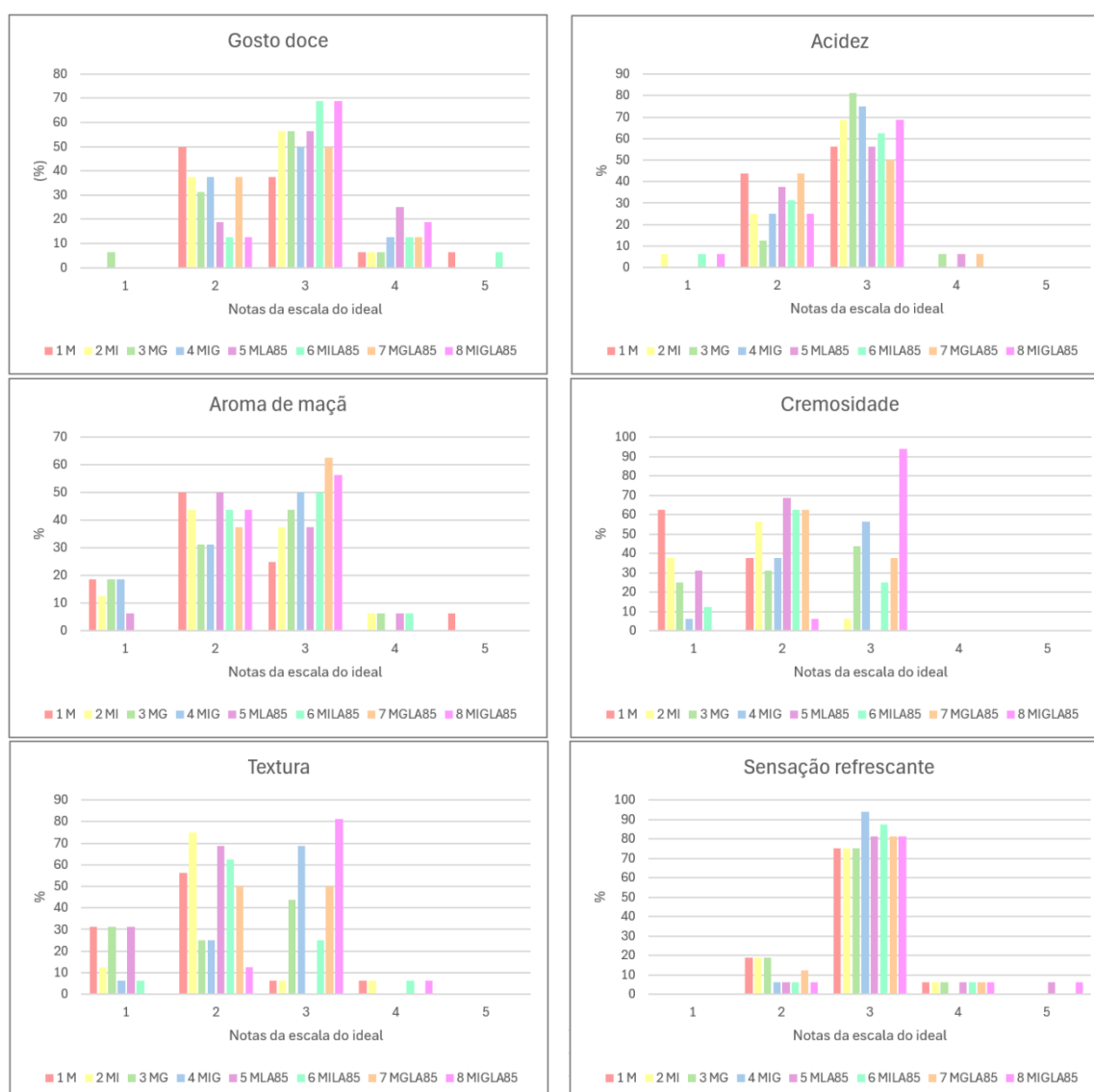
Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). Para os parâmetros sem indicação de letras, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$). MD: média hedônica; P: preferência; 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante.

Tabela 11 – Resultados da avaliação sensorial para a Escala do Ideal das formulações de sorbet de maçã.

Amostra	Gosto doce	Acidez	Aroma de maçã	Cremosidade	Textura	Sensação refrescante
1 M	2,69 ^{ab} ± 0,87	2,56 ± 0,51	2,25 ± 1,00	1,38 ^c ± 0,50	1,88 ^{de} ± 0,81	2,88 ± 0,50
2 MI	2,69 ^{ab} ± 0,60	2,63 ± 0,62	2,38 ± 0,81	1,69 ^c ± 0,60	2,06 ^{cde} ± 0,68	2,88 ± 0,50
3 MG	2,63 ^b ± 0,72	2,94 ± 0,44	2,38 ± 0,89	2,19 ^b ± 0,83	2,13 ^{cde} ± 0,89	2,88 ± 0,50
4 MIG	2,75 ^{ab} ± 0,68	2,75 ± 0,45	2,31 ± 0,79	2,50 ^b ± 0,63	2,63 ^{ab} ± 0,62	2,94 ± 0,25
5 MLA85	3,06 ^{ab} ± 0,68	2,69 ± 0,60	2,44 ± 0,73	1,69 ^c ± 0,48	1,69 ^e ± 0,48	3,13 ± 0,62
6 MILA85	3,13 ^a ± 0,72	2,56 ± 0,63	2,63 ± 0,62	2,13 ^b ± 0,62	2,31 ^{bcd} ± 0,70	3,00 ± 0,37
7 MGLA85	2,75 ^{ab} ± 0,68	2,63 ± 0,62	2,63 ± 0,50	2,38 ^b ± 0,50	2,50 ^{abc} ± 0,52	2,94 ± 0,44
8 MIGLA85	3,06 ^{ab} ± 0,57	2,63 ± 0,62	2,56 ± 0,51	2,94 ^a ± 0,25	2,94 ^a ± 0,44	3,13 ± 0,62

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante.

Figura 6 – Frequência de notas dos resultados da Escala do Ideal para as formulações de sorbet de maçã.



Nota: Notas da escala do ideal: 1: Muito abaixo; 2: Abaixo; 3: Ideal; 4: Acima; 5: Muito acima. 1 M: sorbet de mosto de maçã; 2 MI: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina; 3 MG: sorbet de mosto de maçã adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 4 MIG: sorbet de mosto de maçã adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante; 5 MLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85; 6 MILA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina; 7 MGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de sistema de espessantes e estabilizante; 8 MIGLA85: sorbet de mosto de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante.

2.4 CONCLUSÃO

O sorbet de maçã, fermentado ou não com a bactéria probiótica *L. acidophilus* LA85 e adicionado ou não de inulina e sistema de espessantes e estabilizante, apresentou compostos fenólicos e atividade antioxidante, características desejáveis para produtos com apelo funcional. A adição de inulina elevou os valores de sólidos solúveis, enquanto o sistema de espessantes e estabilizante contribuiu para o aumento do *overrun* e melhor resistência à fusão durante o processamento, características desejáveis para a qualidade tecnológica do produto. As amostras demonstraram boa resistência à fusão, sugerindo estabilidade durante o tempo de consumo. A fermentação láctica, bem como a adição de inulina e sistema de espessantes e estabilizante, influenciaram significativamente os parâmetros de cor do sorbet, reduzindo a tonalidade amarela e promovendo maior luminosidade. Em relação à textura, a presença da fibra prebiótica e do sistema de espessantes e estabilizante no mosto fermentado aumentou a adesividade, refletindo em uma textura mais agradável e melhor avaliada sensorialmente. A inulina promoveu aumento na dureza do produto, enquanto o sistema de espessantes e estabilizante contribuiu para uma textura mais macia, demonstrando efeitos complementares. A fermentação láctica também alterou o perfil de ácidos orgânicos e açúcares, reduzindo o teor de ácido málico, frutose e sacarose e aumentando a concentração de ácido láctico e acético. A cepa probiótica se manteve viável durante o armazenamento, sendo o sorbet fermentado adicionado de inulina e sistema de espessantes e estabilizante considerado potencialmente probiótico. Assim, a fermentação láctica com *L. acidophilus* LA85, aliada à adição de inulina e sistema de espessantes e estabilizante, não apenas melhorou as características tecnológicas e nutricionais do sorbet de maçã, mas também contribuiu significativamente para sua aceitação sensorial, apontando essa formulação como promissora para o desenvolvimento de gelados comestíveis funcionais e com função simbiótica.

CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DE SORBET DE MAÇÃ SIMBIÓTICO ADICIONADO DE POLPA DE FRUTAS NATIVAS BRASILEIRAS

RESUMO

A Cereja do Rio Grande (*E. involucrata*) e a Pitanga (*E. uniflora*) pertencem a família Myrtaceae e apresentam propriedades bioativas, tecnológicas e nutricionais, despertando interesse de utilização no desenvolvimento de novos produtos, motivado pela elevada perecibilidade dos frutos. Nesse sentido, o objetivo consistiu em realizar a caracterização da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* e o desenvolvimento de sorbet de maçã simbiótico adicionado da polpa das frutas nativas brasileiras. O mosto de maçã Gala foi fermentado com *L. acidophilus* LA85 e posteriormente destinado à produção do sorbet onde foram adicionados a fibra prebiótica (inulina) e o sistema de espessantes e estabilizante, sendo produzidas as amostras adicionadas ou não de 38% de polpa de *E. involucrata* ou *E. uniflora*. As amostras foram caracterizadas quanto à sua composição fenólica, atividade antioxidante, parâmetros físico-químicos e microbiológicos. A adição da polpa das frutas nativas brasileiras promoveu efeito benéfico no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante, com maiores valores para o sorbet com *E. involucrata* (486 mg ácido clorogênico/kg, 117 mg catequina/kg, 2731 µmol Trolox/kg e 2384 µmol TE/kg para compostos fenólicos totais, flavonoides totais, ABTS e FRAP, respectivamente). Em comparação ao controle, o sorbet com *E. involucrata* apresentou aumentos de 83% nos compostos fenólicos totais, 34% nos flavonoides totais e de 132% e 106% na atividade antioxidante pelos métodos ABTS e FRAP, respectivamente. Somente a polpa de *E. involucrata* e o sorbet adicionado dessa fruta nativa apresentaram antocianinas (67 e 37 mg cianidina-3-glicosídeo/L, respectivamente), além disso, maiores teores de compostos bioativos e atividade antioxidante foram obtidos para a polpa de *E. involucrata*. A concentração de compostos fenólicos totais e flavonoides totais da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* foi de 656 e 625 mg ACG/kg e 151 e 97 mg CTE/kg, respectivamente. A biodisponibilidade e a atividade antioxidante relativa aumentaram significativamente com a digestão *in vitro* simulada devido liberação de compostos fenólicos da matriz do sorbet. Ambas as polpas influenciaram os parâmetros físico-químicos do sorbet, com redução significativa do pH e aumento da acidez titulável total, resistência à fusão, adicionou coloração roxa e laranja e melhora do perfil de textura. A viabilidade celular da cepa probiótica foi reduzida com a incorporação da polpa da *E. involucrata* e *E. uniflora*, mas permaneceu com concentração mínima necessária para um alimento potencialmente probiótico. O sorbet controle apresentou maior aceitação sensorial, atribuída ao melhor equilíbrio sensorial, enquanto as formulações com polpas, apesar de melhorarem cor, sabor e refrescância, tiveram a aceitação reduzida devido ao amargor, acidez e textura. As informações acerca da caracterização da polpa de frutas nativas fornecem base científica para sua utilização no desenvolvimento de novos produtos, aumentando seu perfil bioativo e auxiliando em aspectos tecnológicos, principalmente pela coloração atrativa das frutas. Além disso, a adição da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* no desenvolvimento de sorbet de maçã simbiótico representa uma alternativa de valorização das espécies nativas brasileiras, promovendo aumento de propriedades bioativas em um novo alimento funcional.

Palavras-chave: Compostos bioativos. *Eugenia involucrata*. *Eugenia uniflora*. *Lactobacillus acidophilus*. Inulina.

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do mundo, com 15 a 20% das espécies de seres vivos (Coradin; Camillo; Pareyn, 2018), incluindo uma grande variedade de frutas nativas que ainda permanecem pouco exploradas. Muitas dessas frutas são consumidas *in natura* e seguem com reduzido aproveitamento comercial, apesar do avanço científico envolvendo culturas nativas brasileiras. Entre elas estão a Cereja do Rio Grande (*E. involucrata*) e a Pitanga (*E. uniflora*), ambas espécies da família Myrtaceae com potencial de utilização na alimentação e como fonte de compostos bioativos (Araújo *et al.*, 2019). Entretanto, os frutos de *E. involucrata* e *E. uniflora* são altamente perecíveis, justificando sua baixa comercialização, principalmente *in natura* (Mélo; Lima; Nascimento, 2000). Nesse sentido, avaliar parâmetros físico-químicos e funcionais dessas frutas é crucial para melhor avaliação de sua utilização na indústria de alimentos, contribuindo para conservação da biodiversidade, por meio do desenvolvimento de novos produtos, representando uma alternativa para valorização dessas frutas nativas, podendo refletir em uma nova fonte de renda para pequenos produtores.

O mercado de gelados comestíveis tem crescido globalmente, motivado por mudanças nas preferências dos consumidores que buscam alternativas mais saudáveis visando a manutenção da saúde e bem-estar (Genovese *et al.*, 2022). Com base nas características do sorbet, especialmente sua composição majoritária ou total em polpa, suco ou pedaços de frutas e ausência de gorduras e reduzido teor de açúcares, este representa uma alternativa de sobremesa mais saudável e livre de componentes que podem desencadear quadros de intolerância ou alergias a derivados lácteos.

A maçã (*Malus domestica*) apresenta ampla aplicabilidade e propriedades funcionais e sensoriais relevantes, assim, atuando como base para produção de produtos alimentícios derivados de frutas, conferindo a esta espécie frutífera uma posição entre as frutas mais produzidas no mundo (FAOSTAT, 2023). Nesse sentido, o suco de maçã pode ser aplicado no desenvolvimento de sobremesas, conferindo propriedades tecnológicas, sensoriais e bioativas, fornecendo equilíbrio entre dulçor e acidez frente sua combinação com frutas nativas brasileiras. Além disso, o mosto de maçã também representa uma excelente matriz para incorporação de ingredientes com propriedades prebióticas e probióticas na produção de alimentos com propriedades funcionais.

Dessa forma, este capítulo tem como objetivo realizar a caracterização da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora*, avaliando parâmetros físico-químicos e compostos bioativos, bem como avaliar sua incorporação no desenvolvimento de sorbet de maçã simbiótico, realizando a

caracterização dos produtos obtidos baseados em sua composição fenólica, atividade antioxidante, parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Materiais

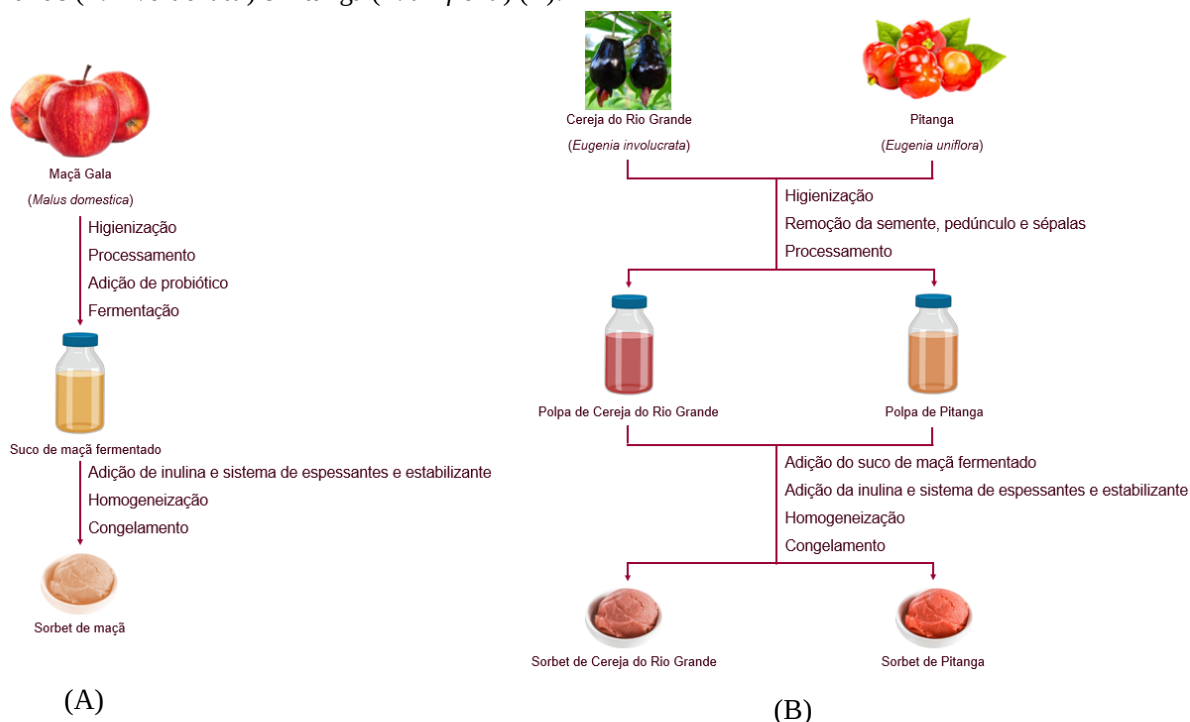
Maçãs (*Malus domestica*) da cultivar Gala foram obtidas do comércio local de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. As amostras de Cereja do Rio Grande (*E. involucrata*) e Pitanga (*E. uniflora*) foram coletadas entre setembro e dezembro de 2023 em Dois Vizinhos, PR, Brasil. O acesso ao patrimônio genético das espécies nativas utilizadas neste estudo foi cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), sob o número de cadastro A20820A. A inulina (Ingredientes Online, São Paulo, SP, Brasil), a cepa probiótica *Lactobacillus acidophilus* LA85 (Coana Probióticos, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil) e o sistema de espessantes e estabilizante contendo goma guar (40-60%), goma xantana (30-45%) e carboximetilcelulose sódica (10-15%) (doação da empresa GlobalFood, São Paulo, SP, Brasil) foram adquiridos para a elaboração do sorbet.

Foram utilizados os reagentes Folin-Ciocalteu, Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico, 97%), ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), ácido clorogênico (95%), (+)- catequina (98%), ácido málico ($\geq 99\%$), ácido láctico (88%), ácido acético ($\geq 99,7\%$), ácido ascórbico (99%), sacarose (99%), glicose (99%) e frutose (99%), os quais foram adquiridos da Sigma-Aldrich (EUA). O hidróxido de sódio, metanol, acetato de sódio e ácido clorídrico foram obtidos da Biotec (PR, Brasil). O nitrito de sódio foi adquirido da Química Moderna (SP, Brasil). O cloreto de alumínio e o persulfato de potássio da Synth (SP, Brasil) e o carbonato de sódio foi adquirido da Anidrol (SP, Brasil). As soluções aquosas foram preparadas com água destilada ou ultrapura tipo 1 (Milli-Q, Millipore, SP, Brasil).

3.2.2 Métodos

A elaboração do sorbet seguiu o fluxograma apresentado na Figura 7, onde foi realizado o processamento e fermentação láctica do mosto de maçã com probiótico e elaboração do sorbet adicionado ou não de frutas de *E. involucrata* e *E. uniflora*.

Figura 7 - Fluxograma geral da obtenção de sorbet de maçã (A) e de maçã adicionado de frutas da Cereja do Rio Grande (*E. involucrata*) e Pitanga (*E. uniflora*) (B).



3.2.2.1 Obtenção da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora*

As frutas foram selecionadas baseadas na coloração da casca e aparência, sendo descartados os frutos verdes. Com as frutas ainda congeladas, as partes não comestíveis (semente, pedúnculo e sépala) foram removidas e a polpa processada em liquidificador (Multiprocessador PMP1600P, Philco, Brasil). As polpas de *E. involucrata* e *E. uniflora* foram devidamente acondicionadas em recipientes de plástico de 500 mL e armazenadas a -18 °C até o momento de sua utilização na elaboração do sorbet de maçã adicionado de frutas nativas. Anteriormente à sua utilização, as polpas foram pasteurizadas a 60 °C durante 15 min.

3.2.2.2 Elaboração do sorbet maçã com frutas nativas brasileiras

O mosto de maçã da cultivar Gala (*Malus domestica*) foi obtido conforme descrito no Capítulo 2 (item 2.2.2.1), o qual posteriormente foi submetido à fermentação láctica com bactéria probiótica conforme descrito no Capítulo 2 (item 2.2.2.2). A concentração do inóculo de *L. acidophilus* LA85 foi estabelecida em 3×10^8 UFC/mL para todas as amostras.

As formulações de sorbet foram realizadas de acordo com a Tabela 12. As formulações consistem nas amostras controle (somente com mosto de maçã fermentado), e com 38% de polpa de frutas nativas brasileiras (*E. involucrata* ou *E. uniflora*) em relação ao mosto de maçã

fermentado com *L. acidophilus* LA85, proporção estabelecida com base em testes preliminares de formulação. A inulina e a cepa probiótica foram adicionadas com base na concentração mínima para ser considerado potencialmente prebiótico e probiótico, respectivamente, enquanto o sistema de espessantes e estabilizante foi adicionado de acordo com as instruções do fabricante. Os sorbets foram obtidos de acordo com a descrição do Capítulo 2 (item 2.2.2.3).

Tabela 12 – Formulações de sorbet de maçã e sorbet adicionado de polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora*.

Amostra	Mosto de Maçã Fermentado (%)	Inulina (%)	Sistema de Espessantes e Estabilizante (%)	Polpa de <i>E. involucrata</i> (%)	Polpa de <i>E. uniflora</i> (%)
Sorbet Controle	94,97	4,75	0,28	0	0
Sorbet <i>E. involucrata</i>	56,98	4,75	0,28	37,99	0
Sorbet <i>E. uniflora</i>	56,98	4,75	0,28	0	37,99

3.2.2.3 Caracterização fenólica

A polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* e as amostras de sorbet foram caracterizadas quanto sua composição fenólica, por meio da análise de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas totais. A polpa das frutas nativas foi submetida também à identificação e quantificação dos teores de antocianinas monoméricas e compostos fenólicos individuais. As amostras de polpa foram centrifugadas (Centrífuga MPW-351, 2660 g, 15 min) para remoção de partículas, onde o sobrenadante foi recuperado e destinado às análises, sendo diluídas em água destilada conforme necessidade.

A quantificação do teor de compostos fenólicos totais ocorreu por meio de método colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965). A quantificação de flavonoides totais foi realizada por meio do método proposto por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999). Os métodos estão descritos em detalhes no Capítulo 2 (item 2.2.2.4).

O teor total de antocianinas foi determinado pelo método de pH diferencial desenvolvido por Giusti e Wrolstad (2001). Foi preparado uma solução tampão de cloreto de potássio (0,025 M, pH 1,0) e uma solução tampão de acetato de sódio (0,4 M, pH 4,5). Em uma microplaca de 96 poços, foram adicionados 290 µL de solução tampão de cloreto de potássio e 10 µL de amostra. As leituras das absorbâncias foram realizadas nos comprimentos de onda de 510 nm e 700 nm em leitor de microplaca. O mesmo procedimento foi realizado utilizando a solução tampão de acetato de sódio. As concentrações de antocianinas totais (AT) foram calculadas (Equação 6), e os resultados expressos em cianidina-3-glicosídeo.

$$AT \text{ (mg/L)} = [(ABS_{510} - ABS_{700})]_{pH1,0} - [(ABS_{510} - ABS_{700})]_{pH4,5} \times MM \times D \times 1000 / (\epsilon \times L) \quad (6)$$

Onde, ABS_{510} é a absorbância lida no comprimento de onda de 510 nm, ABS_{700} é a absorbância lida no comprimento de onda de 700 nm, MM é a massa molecular da cianidina-3-glicosídeo (449,2 g/mol), D é o fator de diluição da amostra x fator de diluição da análise, ϵ é a absortividade molar (26900) e L é o caminho óptico (1 cm).

3.2.2.4 Carotenoides

Os carotenoides (β -caroteno e licopeno) foram quantificados de acordo com a metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999). Primeiramente foi realizada a extração dos compostos utilizando 30 mL de acetona e 0,5 g de amostra, onde a mistura foi homogeneizada e permaneceu sob agitação por 1 h (Marconi – MA 832/1, Brasil). A amostra foi lavada com acetona e filtrada em filtro à vácuo (Biomec Brazil Pump, Eco 740, São Paulo, Brasil). Em um funil de separação, foram adicionados 25 mL de éter de petróleo com pequenas porções do extrato de acetona seguido de água. A fase inferior foi descartada e a amostra foi lavada com éter de petróleo para completa remoção da acetona, sendo posteriormente transferida para balão volumétrico de 50 mL e completado o volume com éter de petróleo. As leituras das absorbâncias foram realizadas em espectrofotômetro (Mini UV 1240, Shimadzu) a 450 nm (β -caroteno) e 470 nm (licopeno). As concentrações de carotenoides (β -caroteno e licopeno) foram calculadas conforme a Equação 7.

$$\beta\text{-caroteno/licopeno } (\mu\text{g/g}) = (((ABS \times V \times 10^6) / (\epsilon \times L \times 100)) / m) \quad (7)$$

Onde, ABS é a absorbância no comprimento de onda específico, V é o volume final dos pigmentos (mL), ϵ é o coeficiente de extinção (β -caroteno = 3450; Licopeno = 2592), m é a massa de amostra (g) e L é o caminho óptico (1 cm).

3.2.2.5 Atividade antioxidante *in vitro*

A polpa das frutas nativas e as amostras de sorbet foram avaliadas quanto a atividade antioxidante por métodos *in vitro* por técnicas cujo princípio está fundamentado na captura de radicais livres (ABTS) e redução de íons (FRAP e CUPRAC).

O método de captura do radical ABTS, desenvolvido por Re *et al.* (1999), o poder antioxidante da redução do ferro pelo método de FRAP proposto por Benzie e Strain (1996) e o método de redução do cobre utilizando a metodologia de CUPRAC desenvolvida por Apak *et al.* (2008), estão descritas em detalhes no Capítulo 2 (item 2.2.2.5).

3.2.2.6 Ensaio de digestibilidade *in vitro*

Um modelo estático que simule a digestão na boca, estômago e intestino foi adaptado conforme descrito por Ahmad *et al.* (2018). A solução de saliva simulada foi preparada dissolvendo 0,2% de α -amilase em solução salina tamponada com fosfato, ao qual o pH foi mantido em $6,8 \pm 0,2$. O suco gástrico simulado foi preparado pela dissolução de 3 g/L de pepsina em solução de NaCl estéril (9 g/L) e o pH foi ajustado para 3,0 com HCl 1,0 M. O suco intestinal simulado foi preparado pela dissolução de 3 g/L de sais biliares e 10 g/L de pancreatina em solução tampão fosfato-salino, sendo o pH ajustado para 8,0 utilizando solução de NaOH 0,1 M. O suco gástrico simulado e o suco intestinal simulado foram preparados de acordo com o método de Gani *et al.* (2018). Amostras em pó (100 mg) foram colocadas em frasco de 125 mL e incubadas a 37 °C sob agitação constante. Para cada fase digestiva final, a digestão foi conduzida de forma sequencial em ensaios independentes, sendo incluídas todas as etapas fisiologicamente anteriores à fase avaliada, da seguinte forma: boca – adição de 10 mL de suco salivar e incubação com agitação por 5 min; estômago – adição de 10 mL de suco gástrico e após agitação constante, a alíquota foi coletada após 30 min e 1 h de incubação; intestino – adição de 10 mL de suco intestinal após agitação/mistura constante, alíquotas foram coletadas após 2 e 4 h. Ao final de cada etapa da digestão *in vitro*, as amostras foram imediatamente congeladas (-18 °C) para interrupção da atividade enzimática. Antes das análises, as amostras foram descongeladas sob refrigeração, submetidas a um banho fervente por 5 min e posteriormente resfriadas em banho de gelo para inativação enzimática. Em seguida, o pH das amostras foi ajustado para 6,5 – 7,0 com NaOH 1 M ou HCl 1 M, centrifugadas (2660 g por 10 min) e o sobrenadante filtrado, sendo esta fração utilizada para a determinação dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante. Os compostos fenólicos e atividade antioxidante após a digestão foram quantificados e os resultados foram expressos em índice de bioacessibilidade ou atividade antioxidante relativa (BI ou AA_r; Equação 8), avaliando o impacto da digestão *in vitro* no teor de compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante (ABTS e FRAP).

$$BI \text{ ou } AA_r (\%) = \frac{A}{B} \cdot 100 \quad (8)$$

onde A representa a classe fenólica ou atividade antioxidante após a digestão e B representa o respectivo teor antes da digestão.

3.2.2.7 Caracterização físico-química, análise de cor, perfil de textura e propriedades tecnológicas do sorbet

A caracterização físico-química das polpas e sorbets foi realizada por meio da quantificação do pH, acidez titulável total, teor de sólidos solúveis totais e densidade. Além disso, a polpa das frutas também foi submetida à identificação e quantificação do teor de ácidos orgânicos e açúcares. Todas as análises foram realizadas conforme métodos descritos no Capítulo 2 (item 2.2.2.6).

A análise de cor das polpas e sorbets foram realizadas através do método descrito do Capítulo 2 (item 2.2.2.7), enquanto o perfil de textura e as propriedades tecnológicas do sorbet (resistência à fusão e *overrun*) foram descritas nos itens 2.2.2.8 e 2.2.2.9, respectivamente.

3.2.2.8 Análise microbiológica

As amostras de sorbet foram caracterizadas microbiologicamente por meio dos métodos de contagem de bactérias lácticas pela técnica de plaqueamento em profundidade proposta pelo *American Public Health Association* (APHA 19.52:2015) (Silva *et al.*, 2021) e pela avaliação dos parâmetros microbiológicos sanitários (Silva *et al.*, 2021), conforme descrito no Capítulo 2 (item 2.2.2.7).

3.2.2.9 Análise sensorial

A análise sensorial das amostras de sorbet de maçã foi realizada após aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (Protocolo #7.579.637) e após os testes de padrão microbiológico, ambos negativos para crescimento de *Salmonella* spp. e *Enterobacteriaceae*. A avaliação sensorial foi realizada por 113 avaliadores. Aproximadamente 30 g de cada amostra acondicionada em copo de isopor codificados com três dígitos aleatórios foi apresentada monadicamente aos avaliadores, os quais avaliaram as amostras de sorbet pelos métodos de

aceitabilidade, *Rate All That Apply* (RATA) e duas questões abertas de caráter qualitativo, com o objetivo de identificar os atributos mais e menos apreciados pelos avaliadores em cada amostra, visando a confecção de uma nuvem de palavras com os termos mencionados.

A aceitabilidade das amostras foi avaliada através da escala hedônica de nove pontos, onde a nota 9 corresponde ao termo “gostei extremamente” e a nota 1 ao “desgostei extremamente”. Os atributos avaliados foram a impressão global, cremosidade, acidez e doçura (Lemes; Giuliani; Bezerra, 2021).

Para avaliação CATA/RATA, os atributos avaliados foram aparência brilhante, aparência cremosa, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor frutado, sabor de maçã, aroma frutado, aroma de maçã, aroma fermentado, cremosidade, residual arenoso, sensação arenosa e sensação refrescante. Os avaliadores marcaram se cada atributo é perceptível ou não e, se sim, foi solicitado que estes marcassem a intensidade utilizando uma escala que varia de 1 (muito fraco) a 9 (muito forte) (Oppermann *et al.*, 2017).

3.2.2.10 Análise estatística

Os resultados obtidos nas análises descritas neste trabalho foram expressos como a média seguida do desvio padrão amostral. As diferenças significativas ($p < 0,05$) dos valores médios foram avaliadas utilizando a análise de variância (ANOVA), seguido de teste de Fisher LSD para comparação de três ou mais amostras. Todos os testes foram realizados no software STATISTICA 7.1 (Stat-Soft Inc., Tulsa, OK, USA).

Os dados obtidos nas avaliações sensoriais pelos métodos CATA (Check-All-That-Apply) e RATA (Rate-All-That-Apply) foram analisados utilizando o software XLSTAT. Para os dados do método CATA, foi aplicado o teste de *Cochran's Q test*, a fim de verificar diferenças significativas entre as amostras para cada atributo avaliado. Quando identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$), foram realizadas comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de diferença crítica de Sheskin. Para os dados do método RATA, as notas de intensidade dos atributos foram submetidas à análise de variância (ANOVA), seguida do teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$), com o objetivo de identificar diferenças significativas entre as amostras. Adicionalmente, foi realizada Análise de Componentes Principais (PCA) para explorar a relação entre as amostras e os atributos sensoriais, permitindo a visualização das principais dimensões de variabilidade dos dados.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Caracterização Fenólica e Atividade Antioxidante *in vitro*

A polpa de *E. involucrata* apresentou valores significativamente superiores para compostos fenólicos totais e flavonoides totais em comparação com a polpa de Pitanga (Tabela 13). Em um trabalho realizado por Infante *et al.* (2016), o extrato etanólico da polpa de *E. involucrata* apresentou teor de compostos fenólicos totais de 18,36 mg ácido gálico/g, enquanto a polpa de Pitanga laranja, analisada por Denardin *et al.* (2015), obteve teor de 4,57 mg AG/g.

Como já esperado, somente a polpa de *E. involucrata* apresentou antocianinas totais (Tabela 13), uma vez que sua presença está relacionada à coloração azul, roxa e vermelha de flores, frutos e folhas (Schmidt *et al.*, 2020). Teor superior foi observado por Mannino *et al.* (2022), que relataram 75,26 mg cianidina 3-glicosídeo/100 g de polpa de *E. involucrata*, enquanto no estudo de Schmidt *et al.* (2020), os autores identificaram quatro compostos antociânicos nos frutos de *E. involucrata*, sendo a delfinidina-3-glicosídeo o principal. Os demais compostos identificados foram cianidina 3-glicosídeo, pelargonidina glicosídeo e cianidina-3-arabinosídeo, com teores totais de antocianinas variando de 6710,82 a 8789,32 µg/g, quantificadas por HPLC-DAD-MS/MS.

A polpa de *E. involucrata* também apresentou maiores valores de atividade antioxidante pelos métodos de captura do radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico (ABTS) e de redução do ferro (FRAP) (Tabela 13). Girardelo *et al.* (2020), observou valores de atividade antioxidante pelo método FRAP de 4,5 µg TE/mL (17,98 µmol TE/L) para o extrato etanólico dos frutos de *E. involucrata*, enquanto para a polpa de *E. uniflora* de coloração laranja obteve atividade antioxidante de 33,17 mmol FeSO₄.7H₂O/g (Denardin *et al.*, 2015). Os valores observados para atividade antioxidante pelo método ABTS podem variar de 36,7 a 874 µmol TE/g (Schulz *et al.*, 2020). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre as amostras de polpa pelo método antioxidante CUPRAC.

O perfil fenólico pode ser influenciado por diversos fatores, como o estágio de maturação da fruta e sua posição na árvore, variedade/cultivar, práticas de cultivo, genética, estrutura da planta, fatores pré-colheita e pós-colheita e condições climáticas (Ogah *et al.*, 2014; Persic *et al.*, 2017). Dessa forma, as diferenças entre as amostras do presente trabalho e aqueles observados por outros autores podem ser provenientes de diferenças intrínsecas das amostras, como também dos métodos de processamento empregados, como congelamento, pasteurização e extração utilizando solventes.

Tabela 13 – Compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC), antocianinas totais (AT), atividade antioxidante (ABTS, FRAP e CUPRAC) e carotenoides (β -caroteno e licopeno) de polpa *E. involucrata* e *E. uniflora* e amostras de sorbet.

Parâmetros analíticos	Polpa de <i>E. involucrata</i>	Polpa de <i>E. uniflora</i>	Sorbet Controle	Sorbet <i>E. involucrata</i>	Sorbet <i>E. uniflora</i>
<i>Classes fenólicas</i>					
TPC (mg ACG/kg)	656 ^a ± 19	625 ^b ± 28	266 ^e ± 21	486 ^c ± 22	424 ^d ± 22
TFC (mg CTE/kg)	151 ^a ± 1	97 ^c ± 3	87 ^d ± 5	117 ^b ± 6	79 ^e ± 4
AT (mg C3G/kg)	67 ^a ± 8	ND	ND	37 ^b ± 6	ND
<i>Atividade antioxidante</i>					
ABTS (μ mol TE/kg)	4554 ^a ± 153	3583 ^b ± 185	1175 ^e ± 75	2731 ^c ± 166	2145 ^d ± 93
FRAP (μ mol TE/kg)	3885 ^a ± 244	3243 ^b ± 333	1155 ^e ± 96	2384 ^c ± 110	2025 ^d ± 113
CUPRAC (μ mol TE/kg)	14911 ^a ± 856	16114 ^a ± 926	6235 ^c ± 145	11150 ^b ± 167	11884 ^b ± 1783
<i>Carotenoides</i>					
β -caroteno (μ g/g)	14,26 ^b ± 0,86	102,60 ^a ± 1,99	ND	6,10 ^c ± 0,29	13,00 ^b ± 1,38
Licopeno (μ g/g)	15,65 ^b ± 0,98	132,74 ^a ± 1,86	ND	7,11 ^c ± 0,29	17,21 ^b ± 2,16

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). ACG: equivalente de ácido clorogênico; CTE: equivalente de catequina; C3G: cianidina-3-glicosídeo; TE: equivalente de Trolox; ABTS: método de captura do radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico; FRAP: poder antioxidante da redução do ferro; CUPRAC: atividade antioxidante redutora de íons cúpricos; ND: não detectado.

A adição da polpa de frutos de *E. involucrata* e *E. uniflora* promoveu um efeito positivo significativo na concentração de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante pelos métodos de captura do radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico (ABTS), poder antioxidante da redução do ferro (FRAP) e redutora de íons cúpricos (CUPRAC). A polpa de *E. involucrata* proporcionou maior aumento de concentração de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e FRAP. Os resultados confirmam os valores elevados encontrados na polpa das frutas. Como observado para polpa de *E. involucrata*, somente o sorbet adicionado dessa fruta nativa contém antocianinas, destacando que a *E. involucrata*, além de aumentar a concentração de compostos bioativos, também aumenta a sua diversidade.

Os maiores teores de carotenoides foram observados na polpa quando comparados ao sorbet adicionado das polpas (Tabela 13), em função da diluição da matéria-prima na formulação do produto. Além disso, o processo de obtenção do sorbet pode ter contribuído para a redução dos teores de β -caroteno e licopeno, uma vez que etapas como homogeneização e o batimento promovido na sorveteira favorecem a incorporação de oxigênio, que por sua vez, promove reações oxidativas, às quais os carotenoides são suscetíveis (Boon *et al.*, 2010). A natureza aquosa do sorbet associada à irrisória presença de lipídeos também pode ter limitado a estabilidade destes pigmentos lipossolúveis. Apesar disso, os teores observados no sorbet permaneceram em concordância com a literatura (Cavalcante; Rodriguez-Amaya, 1992). Embora algumas etapas do processamento do sorbet resulte em perdas quantitativas, a adição das polpas de *E. involucrata* e *E. uniflora* ainda representam uma estratégia viável para a

incorporação de compostos bioativos, mantendo características funcionais e sensoriais relevantes no produto.

O processo de congelamento tem sido eficaz na conservação da maioria dos carotenoides, como β -caroteno, α -caroteno e luteína, os quais permaneceram estáveis durante o processamento e o armazenamento congelado (Behnlian; Mayer-Miebach, 2017; Dias, Camões; Oliveira, 2014). Em contrapartida, o licopeno apresenta maior susceptibilidade à degradação mesmo sob baixas temperaturas, comportamento atribuído à sua estrutura altamente insaturada (Behnlian; Mayer-Miebach, 2017). Além disso, a estabilidade dos carotenoides durante o armazenamento congelado varia conforme a matriz alimentar, não sendo observadas diferenças significativas entre temperaturas de -20 e -70 °C para a maioria dos compostos, com exceção do licopeno, especialmente em baixas concentrações (Dias, Camões; Oliveira, 2014).

3.3.2 Bioacessibilidade *in vitro*

A avaliação da bioacessibilidade *in vitro* dos teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais das amostras de sorbet (Tabela 14), demonstrou valores superiores a 100%, indicando possível liberação de compostos previamente ligados, os quais foram liberados da matriz durante o processo de digestão simulada *in vitro*. Esses resultados podem ser atribuídos à liberação de compostos fenólicos previamente ligados à matriz do sorbet, especialmente devido à adição do sistema de espessantes e estabilizante, uma vez que estes possuem a capacidade de interagir com compostos fenólicos (Gonçalves; Mateus; Freitas, 2011), conforme já discutido anteriormente. De modo semelhante, a atividade antioxidante relativa pelos métodos ABTS e FRAP (Tabela 14), apresentaram aumento significativo após a digestão *in vitro*, resultado esperado devido ao aumento da detecção dos teores de compostos fenólicos totais ligados e flavonoides totais ligados, impactando de modo significativo no aumento da atividade antioxidante das amostras de sorbet.

Tabela 14 – Bioacessibilidade *in vitro* do Sorbet Controle, Sorbet *E. involucrata* e Sorbet *E. uniflora* baseadas no teor de compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidante relativa (ABTS e FRAP).

Amostra/Fase Digestão	Bioacessibilidade <i>in vitro</i> (%)		AA Relativa (%)	
	TPC	TFC	ABTS	FRAP
<i>Sorbet Controle</i>				
Boca	49 ^j ± 2	72 ^k ± 2	76 ^j ± 11	36 ^j ± 4
Estômago 30 min	96 ^h ± 11	108 ^j ± 2	167 ^{gh} ± 18	51 ^{ij} ± 5
Estômago 1 h	110 ^f ± 11	139 ^h ± 3	203 ^f ± 28	64 ^h ± 9
Intestino 2 h	234 ^b ± 10	124 ⁱ ± 8	605 ^b ± 53	77 ^{ef} ± 5
Intestino 4 h	252 ^a ± 7	107 ^j ± 3	656 ^a ± 62	82 ^{de} ± 3
<i>Sorbet E. involucrata</i>				
Boca	70 ⁱ ± 4	185 ^f ± 4	112 ⁱ ± 6	66 ^{gh} ± 5
Estômago 30 min	110 ^f ± 7	243 ^c ± 7	122 ⁱ ± 9	84 ^d ± 6
Estômago 1 h	100 ^{gh} ± 3	208 ^e ± 5	163 ^h ± 7	71 ^{fg} ± 10
Intestino 2 h	197 ^d ± 6	347 ^a ± 13	357 ^e ± 23	98 ^{bc} ± 2
Intestino 4 h	189 ^e ± 6	300 ^b ± 8	367 ^e ± 28	93 ^c ± 2
<i>Sorbet E. uniflora</i>				
Boca	55 ^j ± 3	120 ⁱ ± 4	112 ⁱ ± 8	46 ^j ± 3
Estômago 30 min	104 ^{fg} ± 3	163 ^g ± 6	200 ^{fg} ± 12	79 ^{de} ± 5
Estômago 1 h	94 ^h ± 3	162 ^g ± 4	191 ^{fgh} ± 13	57 ⁱ ± 5
Intestino 2 h	232 ^b ± 12	217 ^d ± 11	536 ^c ± 33	113 ^a ± 4
Intestino 4 h	208 ^c ± 8	206 ^e ± 9	473 ^d ± 8	102 ^b ± 4

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

Comportamento semelhante foi observado por Biasi *et al.* (2023), onde o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante aumentou significativamente em todas as etapas da digestão *in vitro* simulada de mortadelas tipo Bologna adicionadas de farinha de mirtilo. A bioacessibilidade dos compostos fenólicos, que se refere à fração liberada da matriz alimentar que pode ser potencialmente absorvido ou biodisponível, é influenciada por sua estrutura química, interações com componentes alimentares, como as fibras, e processos digestivos (Grgić *et al.*, 2020). Além disso, como observado, a atividade antioxidante dos compostos fenólicos pode sofrer alteração durante a digestão devido a transformações estruturais, com algumas classes apresentando aumento da atividade após a digestão gástrica, mas degradação após a digestão intestinal (Li *et al.*, 2023).

3.3.3 Caracterização Físico-Química, Análise de Cor, Perfil de Textura e Propriedades Tecnológicas do Sorbet

As amostras da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* e de sorbet foram caracterizadas por meio de parâmetros físico-químicos (Tabela 15). O pH da polpa de *E. involucrata* está de acordo com o observado na literatura, a qual indica valores entre 3,14 e 3,41 para este parâmetro (Schulz *et al.*, 2020). Entretanto, o valor do teor de sólidos solúveis totais está abaixo do observado por outros autores (9,50 – 15,50 °Brix; Schulz *et al.*, 2020), enquanto a acidez titulável total está acima (0,89 – 1,23 g ácido cítrico/100 g; Schulz *et al.*, 2020). A adição da

polpa das frutas reduziu o pH do sorbet, onde a amostra controle contendo somente mosto de maçã fermentado adicionado de sistema de espessantes e estabilizante e inulina apresentou o maior valor de pH e menor acidez. A adição da polpa de *E. involucrata* reduziu o teor de sólidos solúveis totais dos sorbets, resultado já esperado e coerente com os valores observados nas polpas das frutas.

Tabela 15 – Parâmetros físico-químicos da polpa *E. involucrata* e *E. uniflora* e das amostras de sorbet.

Parâmetros analíticos	Polpa de <i>E. involucrata</i>	Polpa de <i>E. uniflora</i>	Sorbet Controle	Sorbet <i>E. involucrata</i>	Sorbet <i>E. uniflora</i>
pH	3,24 ^d ± 0,01	3,15 ^e ± 0,01	3,52 ^a ± 0,01	3,38 ^b ± 0,02	3,30 ^c ± 0,01
Acidez Titulável Total (g/100 mL)	2,21 ^b ± 0,05	2,47 ^a ± 0,14	0,82 ^d ± 0,02	1,61 ^c ± 0,06	1,70 ^c ± 0,03
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	8,92 ^d ± 0,14	12,42 ^c ± 0,29	16,92 ^a ± 0,14	15,58 ^b ± 0,58	16,92 ^a ± 0,29
Densidade (g/L)	996 ^c ± 8	989 ^c ± 14	1050 ^a ± 15	1020 ^b ± 4	982 ^c ± 16
Resistência à Fusão (%)	-	-	39,87 ^b ± 1,82	57,87 ^a ± 1,82	54,02 ^{ab} ± 7,28
Overrun (%)	-	-	35,95 ^b ± 0,58	38,59 ^a ± 1,72	24,71 ^c ± 0,53
<i>Parâmetros de cor</i>					
a*	24,02 ^b ± 0,19	29,81 ^a ± 0,04	3,53 ^e ± 0,04	22,52 ^c ± 0,18	21,61 ^d ± 0,13
b*	11,89 ^d ± 0,19	47,66 ^a ± 0,23	27,30 ^c ± 0,09	12,00 ^d ± 0,06	36,25 ^b ± 0,21
L	10,68 ^d ± 0,16	37,86 ^c ± 0,03	72,72 ^a ± 0,33	37,96 ^c ± 0,31	61,74 ^b ± 0,30
Hue	26,32 ^e ± 0,30	57,98 ^c ± 0,12	82,63 ^a ± 0,05	28,06 ^d ± 0,13	59,20 ^b ± 0,03
Chroma	26,80 ^d ± 0,23	56,21 ^a ± 0,20	27,53 ^c ± 0,09	25,52 ^e ± 0,18	42,20 ^b ± 0,25

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

A densidade das amostras também diferiu significativamente ($p < 0,05$), onde a amostra controle apresentou o maior valor de densidade, indicando que a adição da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* reduziram este parâmetro, resultado já esperado devido sua densidade significativamente inferior. Embora o sorbet adicionado de polpa de pitanga tenha apresentado teor de sólidos solúveis semelhante ao controle, observou-se menor densidade, indicando que esse parâmetro não depende exclusivamente do teor de sólidos solúveis. Esse comportamento pode estar associado à composição dos sólidos presentes, especialmente ao maior teor de fibras com baixa densidade específica, bem como à incorporação de ar durante o processamento, que contribui para a redução da densidade do produto.

A adição da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* influenciaram negativamente a resistência à fusão, onde, após 60 min a 20 °C foi observado um aumento do derretimento de 35% e 45% do sorbet contendo polpa de *E. uniflora* e polpa de *E. involucrata*, respectivamente, em comparação ao sorbet controle. A redução da resistência à fusão do sorbet adicionado das frutas ocorreu possivelmente devido a modificação da composição do sorbet promovida pela incorporação das polpas. Palka e Skotnicka (2022), verificaram que o tipo de fruta utilizada na produção de sorbet influenciou a resistência ao derretimento, onde o sorbet de kiwi e melão obtiveram os maiores resultados, possivelmente decorrente do teor de água da matriz vegetal.

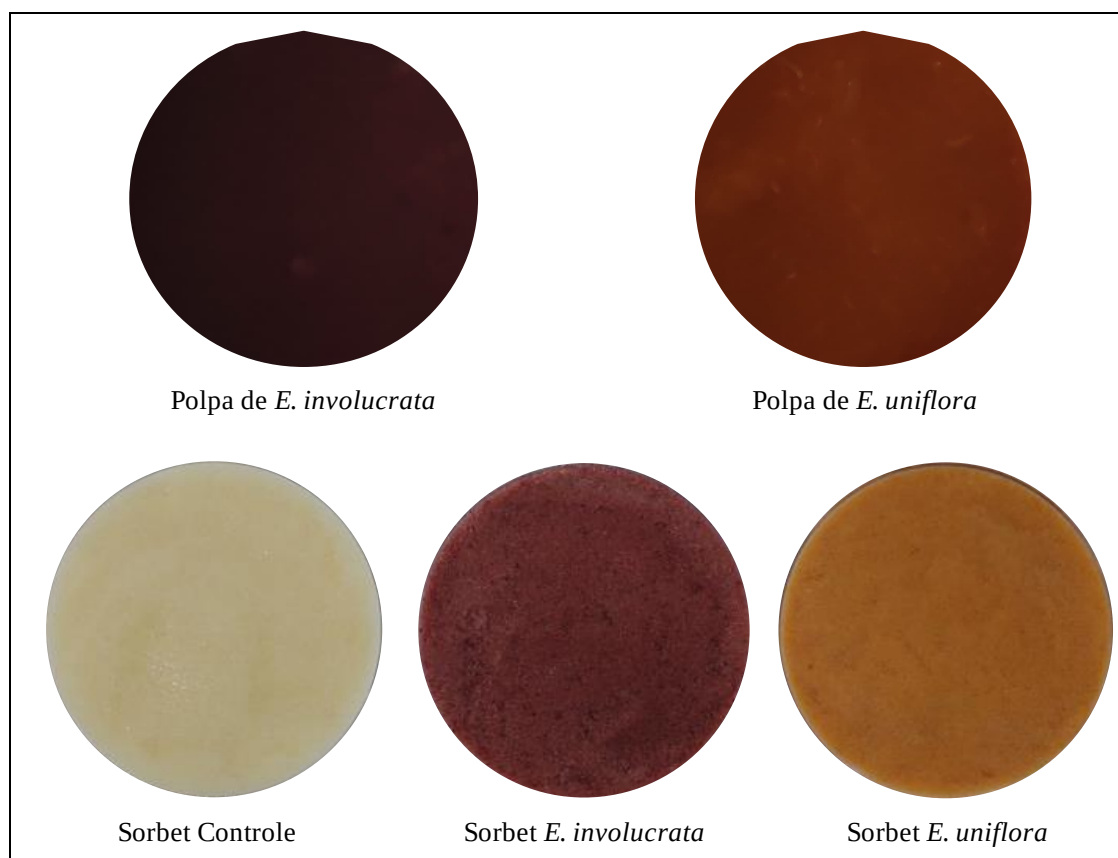
O *overrun* é um parâmetro influenciado pela composição da mistura (Palka; Skotnicka, 2022). A polpa de *E. involucrata* foi responsável pelo aumento do *overrun* durante a fabricação do sorbet, resultando em um valor significativamente maior observado para o *overrun*. Em contrapartida, a polpa de *E. uniflora* reduziu o *overrun* da amostra, possivelmente decorrente da presença de maior quantidade de fibras, as quais dificultam a formação e estabilidade das bolhas de ar. Comparativamente, o teor de fibras da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* são 1,5 e 2 g/100 g, respectivamente (BFN, 2018).

A polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* apresentaram coloração roxa escura intensa e laranja intensa (Figura 8). Os parâmetros de cor (coordenada vermelho/verde a^* , coordenada amarelo/azul b^* , luminosidade, ângulo hue e Chroma) foram estatisticamente superiores para a polpa de *E. uniflora* em comparação à polpa de *E. involucrata*. Ambas as amostras apresentaram resultados da coordenada vermelho/verde (a^*) positivos, indicando coloração com tendência ao vermelho decorrente de compostos como carotenoides e antocianinas. Valores positivos da coordenada amarelo/azul (b^*), como os observados para as polpas de frutas nativas, indicam coloração com tendência ao amarelo, com destaque à polpa de Pitanga que apresentou valor significativamente superior, possivelmente decorrente da presença de compostos amarelos, como os carotenoides presentes nesta fruta.

A polpa de *E. uniflora* apresentou maior luminosidade, indicando uma coloração mais clara, enquanto a polpa de *E. involucrata* e apresentou baixa luminosidade, indicando uma cor mais escura, ambos resultados em conformidade com a coloração visual da polpa. O ângulo hue representa a tonalidade ou matriz de uma cor, onde as amostras apresentaram diferença significativa, mas ambas se encontram entre 0° (vermelho) e 90° (amarelo). Os valores de Chroma também diferiram significativamente entre as duas polpas de fruta, onde é possível constatar que a polpa de *E. uniflora* apresenta maior intensidade de cor em comparação à polpa de *E. involucrata*.

O sorbet adicionado de polpa de *E. involucrata* e obteve o maior valor da coordenada vermelho/verde (a^*), seguido do sorbet adicionado de polpa de *E. uniflora*, ambos valores positivos, indicando maior tendência a coloração vermelha, em concordância com os resultados observados para a polpa das frutas. Em relação à coordenada amarelo/azul (b^*), os valores positivos indicam tendência à coloração amarela, com o maior valor observado para a amostra de sorbet adicionada de polpa de *E. uniflora*, possivelmente decorrente da presença de carotenoides. A amostra controle obteve o segundo maior valor, uma vez que contém somente fermentado de maçã, o qual apresenta uma coloração amarela clara (Figura 8).

Figura 8 – Polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* e amostras de sorbet.



A maior luminosidade (L) foi observada para a amostra controle, indicando que a adição da polpa das frutas nativas brasileiras resulta em uma coloração mais escura, resultados em conformidade com o aspecto visual das amostras (Figura 8). As amostras apresentaram grande variação do ângulo hue, com o sorbet controle mais próximo de 90°, referente a cor amarela, enquanto o sorbet adicionado de polpa de *E. involucrata* foi a amostra mais próxima de 0°, referente à coloração vermelha. Como esperado, a amostra adicionada de polpa de *E. uniflora* apresentou um valor intermediário do ângulo hue, indicando tendência à coloração laranja. Os resultados para o Chroma indicam que o sorbet adicionado de polpa de Pitanga apresentou a maior intensidade de cor, enquanto a polpa de *E. involucrata* reduziu significativamente a intensidade da cor em comparação à amostra controle.

O perfil de textura do sorbet de maçã fermentado com *L. acidophilus* LA85 adicionado ou não de frutas nativas brasileiras é apresentado na Tabela 16. A adição da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* impactou significativamente a textura do sorbet. O sorbet contendo polpa de *E. involucrata* obteve a maior dureza, indicando um aumento da resistência à deformação (Rosenthal, 1999), enquanto o sorbet com polpa de *E. uniflora* obteve o menor valor para este parâmetro, possivelmente decorrente da maior concentração de fibras. A

presença de maior teor de fibras pode resultar em maior retenção de água (Pintor; Escalona-Buendía; Totosa, 2017) e, conseqüentemente, menor formação de cristais de gelo grandes, resultando em um produto significativamente mais macio.

Tabela 16 – Parâmetros de textura (dureza, adesividade, coesividade e gomosidade) de sorbet de maçã e de maçã adicionado de frutas nativas brasileiras.

Parâmetro de textura	Sorbet Controle	Sorbet <i>E. involucrata</i>	Sorbet <i>E. uniflora</i>
Dureza (N)	137,16 ^b ± 28,25	223,00 ^a ± 14,73	67,91 ^c ± 0,56
Adesividade (N·s)	49,97 ^c ± 13,15	271,44 ^a ± 45,88	230,37 ^b ± 24,65
Coesividade*	0,089 ^b ± 0,018	0,093 ^b ± 0,017	0,125 ^a ± 0,005
Gomosidade (N)	12,21 ^b ± 2,51	20,74 ^a ± 1,37	8,49 ^b ± 0,07

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). * Adimensional.

Os resultados observados para os parâmetros adesividade e gomosidade foram superiores para o sorbet contendo polpa de *E. involucrata*, indicando que esta polpa aumentou o trabalho necessário para afastar o sorbet de uma superfície, bem como o esforço necessário para deglutição, indicado pelo maior valor de gomosidade (Rosenthal, 1999). Nenhuma diferença significativa entre a amostra controle e com polpa de Pitanga foi observada para os parâmetros adesividade e gomosidade, indicando que a polpa de *E. uniflora* resulta em um produto com melhor deglutição, sendo necessário aplicar uma força 2x menor, em comparação com o sorbet adicionado de polpa de *E. involucrata*. Entretanto, somente a polpa de Pitanga influenciou a coesividade do sorbet, indicando maior força das ligações internas que compõem a matriz do sorbet, refletida em uma estrutura mais densa e coesa, possivelmente decorrente do maior teor de fibras presentes na polpa (BFN, 2018) e pela menor incorporação de ar, representada pelo *overrun*.

A determinação dos teores de ácidos orgânicos e açúcares nas polpas das frutas de *E. involucrata* e *E. uniflora* evidenciou diferenças quantitativas entre as espécies (Tabela 17). A detecção exclusiva do ácido cítrico indica sua predominância no metabolismo ácido dessas frutas, sendo o principal determinante da acidez das polpas. A polpa de *E. involucrata* apresentou maiores teores de ácido cítrico e sacarose, caracterizando um perfil com maior acidez e predominância de açúcar não redutor, enquanto a polpa de *E. uniflora* apresentou maiores concentrações de glicose e frutose. Essas diferenças podem ser atribuídas a particularidades metabólicas inerentes às espécies. O conjunto dos resultados evidencia que a composição química das polpas é determinada, principalmente, pelo equilíbrio entre a concentração de açúcares solúveis e a concentração de ácido cítrico, parâmetros diretamente associados ao perfil sensorial das frutas estudadas.

Tabela 17 – Teores de ácidos orgânicos e açúcares da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora*.

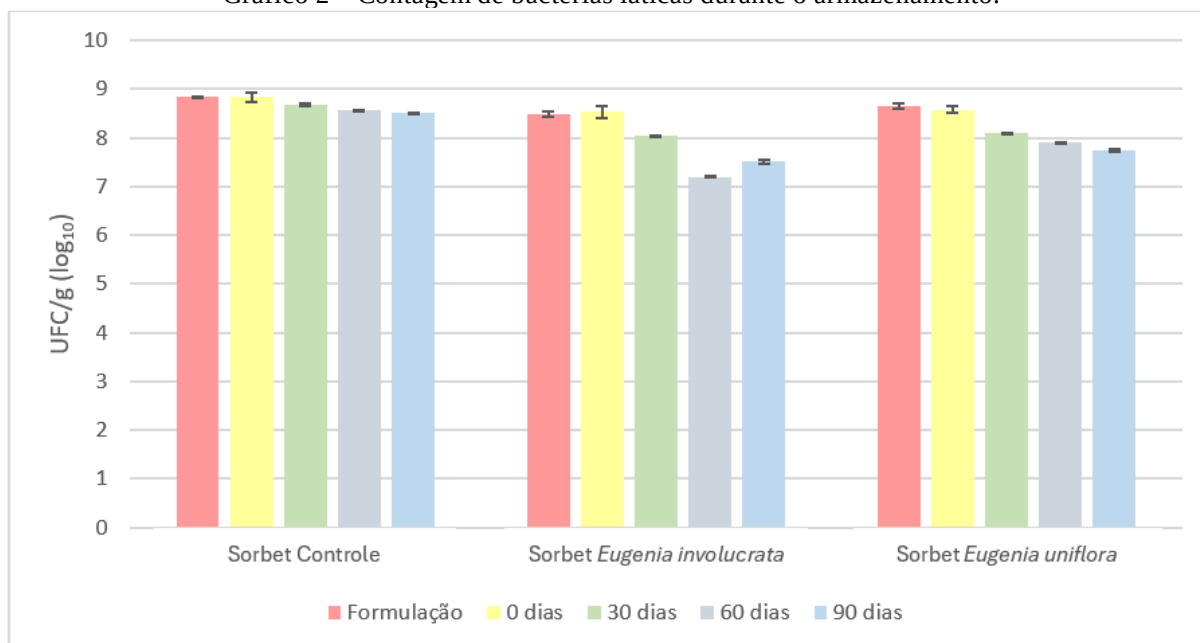
	Polpa de <i>E. involucrata</i>	Polpa de <i>E. uniflora</i>
<i>Ácidos orgânicos</i>		
Cítrico (g/L)	11,64 ^a ± 0,62	8,38 ^b ± 0,01
Málico (g/L)	ND	ND
Succínico (g/L)	ND	ND
Tartárico (g/L)	ND	ND
Glucurônico (g/L)	ND	ND
Ácido Ascórbico (g/L)	ND	ND
Lático (g/L)	ND	ND
Acético (g/L)	ND	ND
<i>Açúcares</i>		
Sacarose (g/L)	8,40 ^a ± 0,04	5,43 ^b ± 0,09
Glicose (g/L)	33,10 ^b ± 0,15	53,40 ^a ± 0,51
Frutose (g/L)	33,71 ^b ± 0,09	61,14 ^a ± 0,72

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). ND: não detectado.

3.3.4 Análise Microbiológica

A adição da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* influenciaram negativamente a contagem de bactéria lácticas durante o armazenamento (Gráfico 2). Os microrganismos podem ser sensíveis a presença de compostos bioativos, como ácido ascórbico, ácido clorogênico e quercetina, os quais podem atuar como agentes antimicrobianos (Feitosa *et al.*, 2022).

Gráfico 2 – Contagem de bactérias lácticas durante o armazenamento.



O processo de fabricação do sorbet não influenciou a viabilidade celular da *L. acidophilus* LA85, comprovado pela ausência de diferença significativa nas amostras antes e depois da produção do sorbet. Entretanto, diferenças significativas foram observadas entre a

amostra controle e as amostras adicionadas de polpa das frutas nativas, indicando que as polpas utilizadas afetaram a sobrevivência de microrganismos probióticos. De acordo com Hirai (2018), os benefícios promovidos pelos microrganismos probióticos normalmente ocorrem em concentrações de 10^8 - 10^9 UFC/porção, sendo um parâmetro técnico frequentemente adotado por fabricantes e pesquisadores, uma vez que a legislação brasileira ainda não estabelece uma concentração mínima padronizada para todos os produtos, exigindo apenas que a eficácia do probiótico seja comprovada para a dose utilizada, considerando sua viabilidade e ação probiótica. Apesar da redução na concentração celular promovida pela adição das frutas, todas as amostras apresentam a quantidade mínima de probiótico por porção (60 g), sendo $1,89 \times 10^{10}$, $1,88 \times 10^9$ e $3,30 \times 10^9$ UFC/porção para o sorbet controle, sorbet adicionado de polpa de *E. involucrata* e sorbet adicionado de polpa de *E. uniflora*, respectivamente. A concentração superior observada no início do período de armazenamento é justificada pela redução que ocorre com o decorrer do tempo (10^1 para o sorbet de maçã avaliado no Capítulo 2), assegurando a quantidade mínima considerada para alimentos probióticos.

3.3.5 Avaliação Sensorial

O sorbet controle obteve boa aceitabilidade (> 70%), com exceção do atributo cremosidade, que registrou a menor média hedônica entre as três amostras avaliadas. Foi possível observar que a adição das polpas de *E. involucrata* e *E. uniflora* resultou na redução da aceitabilidade para 65%, sendo esse efeito principalmente associado ao atributo doçura (Tabela 18). A análise de nuvens de palavras (Figura 9), referentes aos atributos que os avaliadores mais e menos apreciaram, corroborou esses resultados. O Sorbet Controle foi positivamente associado a características como sabor, refrescância, gosto doce, acidez, sabor de maçã e aroma. Por outro lado, foi penalizado pela baixa cremosidade, sabor muito suave, além de aspectos relacionados à textura e sensação arenosa.

Tabela 18 – Resultados da aceitabilidade sensorial das amostras de sorbet.

Atributo	Sorbet Controle		Sorbet <i>E. involucrata</i>		Sorbet <i>E. uniflora</i>	
	MD	A (%)	MD	A (%)	MD	A (%)
Impressão Global	6,35 ^a ± 1,72	71 ^a ± 19	5,84 ^a ± 2,04	65 ^a ± 23	5,84 ^a ± 2,20	65 ^a ± 24
Cremosidade	4,91 ^b ± 1,81	55 ^b ± 20	5,08 ^{ab} ± 1,87	56 ^{ab} ± 21	5,56 ^a ± 1,92	62 ^a ± 21
Acidez	6,42 ^a ± 1,82	71 ^a ± 20	5,32 ^b ± 2,02	59 ^b ± 22	5,23 ^b ± 2,20	58 ^b ± 24
Doçura	6,45 ^a ± 2,02	72 ^a ± 22	4,73 ^b ± 2,30	53 ^b ± 26	4,93 ^b ± 2,17	55 ^b ± 24

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). MD: média hedônica; A: aceitabilidade.

Figura 9 – Nuvens de palavras dos atributos mais (coluna esquerda) e menos (coluna direita) apreciados para as amostras Sorbet Controle (A), Sorbet *E. involucrata* (B) e Sorbet *E. uniflora* (C).



Para o Sorbet *E. involucrata*, os atributos mais apreciados pelos avaliadores foram cor, refrescância, sabor, acidez, aparência e textura, indicando boa aceitação visual e sensorial inicial. No entanto, os mesmos atributos sensoriais também apareceram entre os menos apreciados, especialmente acidez, sabor e textura, além de gosto amargo, sensação arenosa e baixa doçura. Esse resultado sugere uma percepção heterogênea entre os consumidores, possivelmente associada a um desequilíbrio entre doçura e acidez, bem como à presença de notas amargas e problemas de textura.

Já o Sorbet *E. uniflora* foi positivamente associado a sabor, cor, aparência, cremosidade e refrescância, indicando melhor aceitação em termos de atributos visuais e de textura em comparação à amostra adicionada de *E. involucrata*. Entretanto, os principais fatores de rejeição foram gosto amargo, residual amargo, acidez e sabor, evidenciando que, apesar da boa aceitação inicial, a persistência de notas amargas e o perfil ácido podem ter impactado negativamente a experiência sensorial.

De acordo com o teste de Cochran aplicado aos dados obtidos pelo método CATA (Tabela 18), foram observadas diferenças significativas entre as amostras de sorbet para os atributos gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor de maçã, aroma de maçã, cremosidade e sensação refrescante ($p < 0,05$). Em contrapartida, os atributos aparência brilhante, aparência cremosa, sabor frutado, aroma frutado, aroma fermentado, residual arenoso e sensação arenosa não apresentaram diferenças significativas entre os produtos ($p > 0,05$).

O Sorbet Controle apresentou as maiores frequências de identificação para os atributos gosto doce (88,5%), sabor de maçã (83,2%), aroma de maçã (58,4%) e sensação refrescante (95,6%), além de menor frequência de percepção de gosto amargo (43,4%) em comparação às demais amostras de sorbet. A adição das polpas de *E. involucrata* e *E. uniflora* promoveu aumento da percepção de acidez, identificada por 88,5% e 84,1% dos avaliadores, respectivamente. Além disso, especialmente no sorbet adicionado de polpa de *E. uniflora*, foi observado um aumento da percepção de amargor, identificado por 85% dos avaliadores. Em contrapartida, a adição das polpas de frutas nativas brasileiras promoveu aumento significativo da cremosidade (Tabela 19).

Dessa forma, o Sorbet Controle é caracterizado pelos atributos gosto doce, sabor de maçã, aroma de maçã e sensação refrescante. Já o Sorbet *E. involucrata* é caracterizado pelos atributos gosto ácido, gosto amargo, cremosidade e sensação refrescante, enquanto o Sorbet *E. uniflora* é caracterizado pelos atributos gosto ácido, gosto amargo e cremosidade.

Tabela 19 - Resultados do teste de Cochran e das comparações múltiplas (procedimento da diferença crítica de Sheskin) para os atributos sensoriais avaliados pelo método CATA.

Atributos	<i>p-values</i>	Sorbet Controle	Sorbet <i>E. involucrata</i>	Sorbet <i>E. uniflora</i>
Aparência brilhante	0,112	0,894 (a)	0,823 (a)	0,832 (a)
Aparência cremosa	0,075	0,619 (a)	0,558 (a)	0,673 (a)
Gosto doce	<0,0001	0,885 (b)	0,690 (a)	0,699 (a)
Gosto ácido	0,014	0,770 (a)	0,885 (b)	0,841 (ab)
Gosto amargo	<0,0001	0,434 (a)	0,664 (b)	0,850 (c)
Sabor frutado	0,527	0,912 (a)	0,876 (a)	0,876 (a)
Sabor de maçã	<0,0001	0,832 (b)	0,416 (a)	0,345 (a)
Aroma frutado	0,900	0,770 (a)	0,770 (a)	0,752 (a)
Aroma de maçã	<0,0001	0,584 (b)	0,389 (a)	0,345 (a)
Aroma fermentado	0,226	0,584 (a)	0,549 (a)	0,504 (a)
Cremosidade	0,018	0,602 (a)	0,628 (ab)	0,735 (b)
Residual arenoso	0,177	0,611 (a)	0,681 (a)	0,611 (a)
Sensação arenosa	0,282	0,708 (a)	0,761 (a)	0,699 (a)
Sensação refrescante	0,028	0,956 (b)	0,929 (ab)	0,867 (a)

Nota: Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Cochran seguido de comparações múltiplas ($p < 0,05$).

A Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis*, PCA) aplicada aos dados obtidos pelo método RATA (Gráfico 3) explicou 100% da variância dos dados sensoriais, sendo 65,98% representados pelo primeiro componente (F1) e 34,02% pelo segundo componente (F2).

O primeiro componente (F1) foi responsável pela principal separação entre as amostras. O Sorbet Controle foi posicionado no lado negativo do eixo F1, associado aos atributos aroma de maçã, sabor de maçã, gosto doce, aroma frutado, sensação refrescante e aparência brilhante, evidenciando um perfil sensorial mais doce e aromático. Por outro lado, o Sorbet *E. uniflora* foi posicionado no lado positivo do eixo F1, associado principalmente aos atributos sabor frutado, aparência cremosa, cremosidade, gosto amargo e gosto ácido. Esse comportamento corrobora os resultados da análise de Cochran discutidos anteriormente, nos quais a adição das polpas de frutas nativas promoveu aumento da percepção de acidez, amargor e cremosidade em comparação ao Sorbet Controle.

O segundo componente (F2) diferenciou principalmente o Sorbet de *E. involucrata*, apresentado na região superior do gráfico, associado aos atributos gosto ácido, sensação arenosa e residual arenoso, indicando que essa amostra se destacou principalmente em relação às características de textura e acidez.

De modo geral, o mapa sensorial evidenciou diferenças no perfil sensorial das amostras, indicando que os atributos avaliados pelo método RATA foram capazes de

discriminar os sorbets quanto ao seu perfil sensorial, corroborando os resultados da análise de variância, que apontaram diferenças significativas entre os produtos para todos os atributos sensoriais avaliados, com exceção do atributo aroma frutado (Tabela 20).

Gráfico 3 – Biplot da análise de componentes principais (PCA) dos atributos sensoriais avaliados pelo método RATA para as amostras de sorbet.

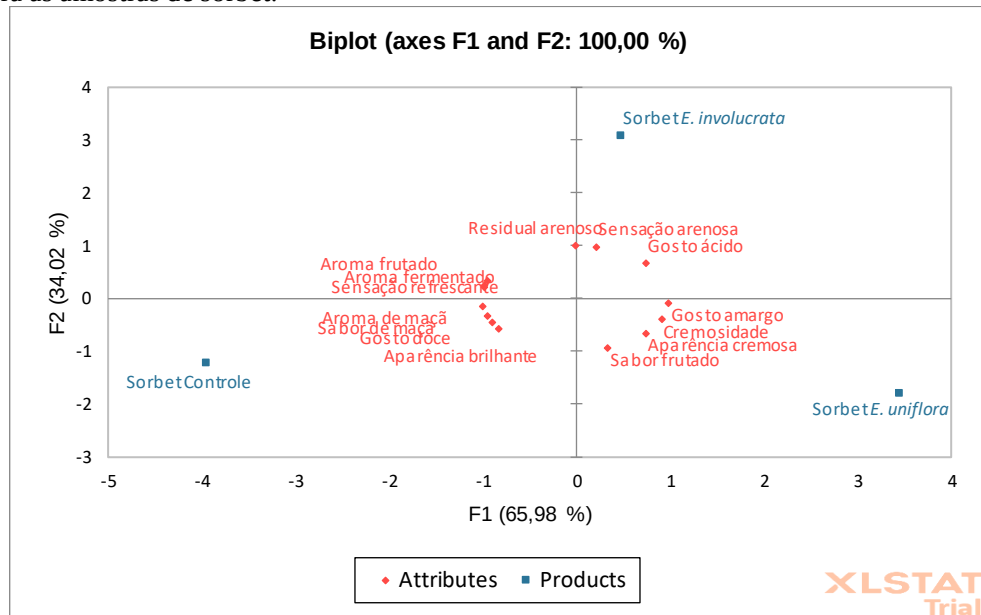
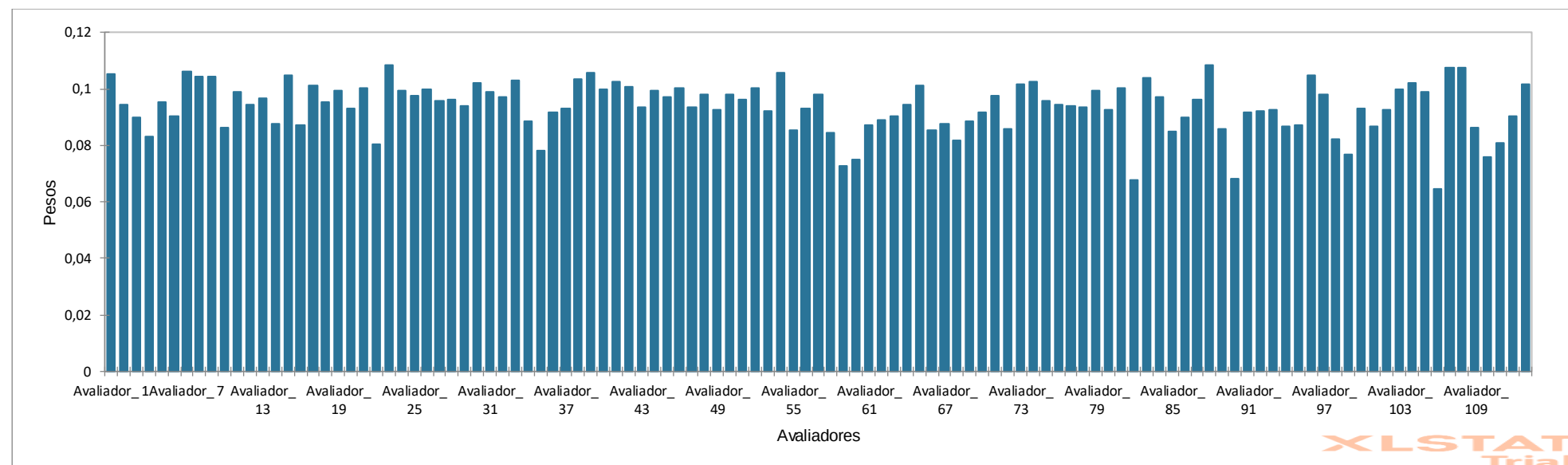


Tabela 20 - Resultados da análise de variância (ANOVA) para os atributos sensoriais avaliados pelo método RATA para as amostras de sorbet.

		Aparência brilhante	Aparência cremosa	Gosto doce	Gosto ácido	Gosto amargo	Sabor frutado	Sabor de maçã	Aroma frutado	Aroma de maçã	Aroma fermentado	Cremosidade	Residual arenoso	Sensação arenosa	Sensação refrescante
R ²		0,673	0,600	0,637	0,589	0,665	0,583	0,695	0,645	0,614	0,703	0,575	0,657	0,641	0,567
F		4,053	2,949	3,453	2,820	3,908	2,752	4,478	3,566	3,122	4,654	2,659	3,763	3,504	2,568
Pr > F		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Amostra	F	5,427	6,146	36,385	20,462	78,876	3,926	105,048	1,151	20,327	3,577	8,317	7,732	3,517	7,023
	Pr > F	0,005	0,003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,021	<0,0001	0,318	<0,0001	0,030	0,000	0,001	0,031	0,001
Avaliador	F	4,028	2,892	2,864	2,505	2,570	2,731	2,682	3,610	2,814	4,673	2,558	3,692	3,504	2,489
	Pr > F	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Nota: Valores de $p < 0,05$ indicam efeito significativo do fator avaliado.

Gráfico 4 – Peso de cada avaliador na análise RATA de amostras de sorbet.



A análise dos pesos atribuídos a cada avaliador (Gráfico 4) indicou distribuição homogênea entre os participantes, com valores variando aproximadamente entre 0,07 e 0,11 e próximos ao valor crítico de 0,092. De modo geral, valores próximos a esse limite são considerados ideais, pois indicam contribuição equilibrada dos avaliadores para a construção do consenso.

Embora alguns avaliadores tenham apresentado pesos inferiores ao valor crítico, essas variações foram pequenas e não caracterizam discrepâncias relevantes. Da mesma forma, avaliadores com pesos superiores não exerceram influência desproporcional nos resultados, confirmando a estabilidade do método frente à variabilidade individual do painel (Oppermann *et al.*, 2017). A ausência de valores extremos reforça a boa concordância entre os avaliadores, enquanto as pequenas variações observadas são esperadas em estudos sensoriais, refletindo diferenças individuais na percepção. De modo geral, os resultados evidenciam a consistência do painel, indicando que o conjunto de dados é confiável, não sendo necessária a exclusão de avaliadores.

3.4 CONCLUSÃO

A caracterização fenólica e físico-química da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* reforça o potencial dessas espécies como fontes naturais de compostos bioativos. As polpas das frutas nativas brasileiras promoveram aumento significativo no teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante *in vitro* no sorbet simbiótico, especialmente a polpa de *E. involucrata* que proporcionou valores superiores de compostos bioativos, bem como a incorporação de antocianinas ao sorbet. Além disso, os compostos fenólicos totais, flavonoides totais e a atividade antioxidante aumentaram significativamente em todas as fases da digestibilidade *in vitro*, indicando maior bioacessibilidade dos compostos bioativos, possivelmente decorrente da liberação de compostos ligados à matriz vegetal.

A adição da polpa de *E. involucrata* e *E. uniflora* reduziu o valor de pH e densidade, além de modificar a coloração do produto, a resistência à fusão, *oveerun* e o perfil de textura, onde a polpa de *E. involucrata* aumentou a dureza, adesividade e gomosidade do sorbet, enquanto a polpa de Pitanga aumentou significativamente a coesividade do produto. Entretanto, o sorbet controle apresentou maior aceitação em relação às formulações com adição de polpas, principalmente devido ao melhor equilíbrio sensorial, principalmente relacionado ao amargor, acidez e textura, que impactaram negativamente a aceitação. Embora a adição da polpa das frutas tenha reduzido a concentração da cepa de *Lactobacillus acidophilus* LA85, sua viabilidade celular se manteve em concentrações mínimas consideradas probióticas.

O sorbet de maçã simbiótico adicionado de polpas de frutas nativas promoveu aumento significativo de compostos bioativos, potencial prebiótico e probiótico, aliadas a um novo produto isento de açúcares e gorduras adicionados, evidenciando que estas variedades podem ser utilizadas no desenvolvimento de produtos com apelo funcional e tecnológico, contribuindo para a valorização da biodiversidade e avanço de pesquisas que visem o aproveitamento sustentável de espécies nativas, ainda pouco exploradas comercialmente, mas com elevado potencial de aplicação industrial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As formulações de sorbet de maçã, fermentadas ou não com *Lactobacillus acidophilus* LA85 e adicionadas de inulina e sistema de espessantes e estabilizante, apresentaram características tecnológicas, nutricionais e funcionais promissoras, com elevados teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante. A adição de inulina e do sistema de espessantes contribuiu positivamente para propriedades como sólidos solúveis, *overrun*, resistência à fusão e textura, evidenciando efeitos complementares na qualidade do produto. A fermentação láctica promoveu modificações no perfil de açúcares e ácidos orgânicos e garantiu a viabilidade da cepa probiótica, permitindo a obtenção de um sorbet com potencial prebiótico e probiótico.

A incorporação de polpas de frutas nativas brasileiras, como *E. involucrata* e *E. uniflora*, reforçou o potencial funcional do produto, promovendo aumento significativo de compostos bioativos, especialmente na presença de *Eugenia involucrata*, além de maior bioacessibilidade após a digestão *in vitro*. No entanto, a adição dessas polpas também influenciou o perfil de textura, bem como parâmetros físico-químicos e sensoriais, resultando em alterações na textura, acidez e sabor. Embora tenham contribuído positivamente para atributos como cor, sabor e refrescância, as formulações com frutas apresentaram menor aceitação sensorial em comparação ao controle, principalmente devido ao amargor, acidez e textura. Dessa forma, estudos futuros podem avaliar estratégias para reduzir a percepção do amargor, como ajustes na formulação e no processamento. Essas abordagens podem contribuir para melhorar a aceitabilidade sensorial do produto sem comprometer suas características funcionais.

Dessa forma, o sorbet de maçã simbiótico desenvolvido representa uma alternativa inovadora e com alto valor agregado, com potencial de aplicação direcionado a um público que aprecia produtos com menor dulçor e maior acidez, características que foram positivamente destacadas na avaliação sensorial. Além disso, o produto atende à demanda crescente por alimentos funcionais, associando benefícios prebióticos e probióticos à valorização de frutas nativas brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ABERNATHY, B.; BLEKHMANN, R.; SCHOENFUSS, T.; GALLAHER, D. Changes in the Gut Microbiome Contribute to Changes in Tissue Gene Expression in Rats Fed Prebiotic Dietary Fibers (P15-022-19). **Current Developments in Nutrition**, v. 3, Suppl 1:nzz037.P15-022-19, jun. 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6577426/>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzz037.P15-022-19>
- ABPM. Associação Brasileira de Produtores de Maçã. **Maçã brasileira: conheça as diferenças entre Fuji e Gala**. Disponível em: <https://www.abpm.org.br/macae-tudo-de-bom/macae-brasileira-conheca-as-diferencas-entre-fuji-e-gala>. Acesso em: 07 ago. 2025.
- ABPM. Associação Brasileira de Produtores de Maçã. **Diversificação e agregação de valor na cadeia produtiva de maçã**. Disponível em: <https://www.abpm.org.br/macae-tudo-de-bom/diversificacao-e-agregacao-de-valor-na>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- ABPM. Associação Brasileira de Produtores de Maçã. **Dados estatísticos sobre a cultura da macieira**. Disponível em: <https://www.abpm.org.br>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- AHMAD, M.; ASHRAF, B.; GANI, A.; GANI, A. Microencapsulation of saffron anthocyanins using β glucan and β cyclodextrin: Microcapsule characterization, release behaviour & antioxidant potential during in-vitro digestion. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 435-442, abr. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29229246/>. Acesso em: 26 jul. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.122>
- AKALIN, A. S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Food Research and Technology**, v. 227, p. 889-895, jul. 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-007-0800-z>. Acesso em: 30 jun. 2025. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>
- AKIN, M. B.; AKIN, M. S.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chemistry**, v. 104, n. 1, p. 93-99, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606008661?via%3Dihub>. Acesso em: 13 jun. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.030>
- ALBERTI, A.; VIEIRA, R. G.; DRILLEAU, J. F.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Apple wine processing with different nitrogen contents. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, n. 3, p. 551-558, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/rbnSCTMwfjVmWkMVmZNtkyP/?lang=en>. Acesso em: 13 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000300017>
- ALBERTI, A.; ZIELINSKI, A. A. F.; ZARDO, D. M.; DEMIATE, I. M.; NOGUEIRA, A.; MAFRA, L. I. Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 149, p. 151-158, abr. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613015343>. Acesso em: 05 abr. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.086>

AL-HABIB, A.; AL-SALEH, E.; SAFER, A.; AFZAL, M. Bactericidal effect of grape seed extract on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). **The Journal of Toxicological Sciences**, v. 35, n. 3, p. 357-364, jun. 2010. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jts/35/3/35_3_357/_article. Acesso em: 28 mar. 2022. <https://doi.org/10.2131/jts.35.357>

ALTISENT, R.; PLAZA, L.; ALEGRE, I.; VIÑAS, I.; ABADIAS, M. Comparative study of improved vs. traditional apple cultivars and their aptitude to be minimally processed as ‘ready to eat’ apple wedges. **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 541-549, out. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814001698?via%3Dihub>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.019>

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, out. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/XS9CsdV86YbjrxfMjLGmXVL/?lang=pt>. Acesso em: 04 ago. 2022. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010001000033>

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n.1, p.1-9, jan.-abr. 2007. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-497792>. Acesso em: 29 mar. 2022.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of AOAC International**. 21. ed. Gaithersburg: Maryland, 2019.

APAK, R.; GUCLU, K.; OZYUREK, M.; CELIK, S. E. Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. **Microchimica Acta**, v. 160, p. 413-419, maio 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00604-007-0777-0>. Acesso em: 16 abr. 2022. <https://doi.org/10.1007/s00604-007-0777-0>

ARAÚJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; FARIAS, D. P.; CUNHA, G. R. M. C.; PASTORE, G. M. Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (*Myrtaceae*) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food Research International**, v. 121, p. 57-72, jul. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996919301620>. Acesso em: 08 ago. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.018>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS E DO SETOR DE SORVETES (ABIS). Mercado. São Paulo: ABIS, [s.d.]. Disponível em: <https://abis.com.br/mercado/>. Acesso em: 6 jun. 2026.

BAGETTI, M.; FACCO, E. M. P.; PICCOLO, J.; HIRSCH, G. E.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KOBORI, C. N.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Physicochemical characterization and antioxidant capacity of pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). **Food Science and Technology**, v. 31, n. 1, p. 147-154, jan.-mar. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/PBwH3wXdgTnkhzcFGpbyNLd/?lang=en>. Acesso em: 28 dez. 2022. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000100021>

BARKER, F. M.; SNODDERLY, D. M.; JOHNSON, E. J.; SCHALCH, W.; KOEPCKE, W.; GERSS, J.; NEURINGER, M. Nutritional manipulation of primate retinas, V: effects of lutein, zeaxanthin, and n-3 fatty acids on retinal sensitivity to blue-light-induced damage. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 52, n. 7, p. 3934-3942, jun. 2011.

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21245404/>. Acesso em: 29 dez. 2022. <https://doi.org/10.1167/iovs.10-5898>

BEHSNILIAN, D.; MAYER-MIEBACH, E. Impact of blanching, freezing and frozen storage on the carotenoid profile of carrot slices (*Daucus carota* L. cv. Nutri Red). **Food Control**, v. 73, p. 761-767, mar. 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713516305217?via%3Dihub>. Acesso em: 21 fev. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.045>

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, jul. 1996. Disponível em: <https://www.meta.org/papers/the-ferric-reducing-ability-of-plasma-frap-as-a/8660627>. Acesso em: 16 abr. 2022. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>

BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. *Eugenia uniflora*: pitanga. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: plantas para o futuro: região nordeste. 51. ed. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade**., cap. 5. p. 155-166, 2018.

BFN. Biodiversity for Food and Nutrition, 2018. Disponível em: <https://www.b4fn.org/>. Acesso em: 27 jul. 2025.

BIASI, V.; HUBER, E.; MELO, A. P. Z.; HOFF, R. B.; VERRUCK, S.; BARRETO, P. L. M. Antioxidant effect of blueberry flour on the digestibility and storage of Bologna-type mortadella. **Food Research International**, v. 163, 112210, jan. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922012686?via%3Dihub>. Acesso em: 24 mar. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112210>

BIRT, D. F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 90, n. 2-3, p. 157-177, maio- jun. 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0163725801001371?via%3Dihub>. Acesso em: 01 ago. 2022. [https://doi.org/10.1016/S0163-7258\(01\)00137-1](https://doi.org/10.1016/S0163-7258(01)00137-1)

BONDONNO, N. P.; BONDONNO, C. P.; WARD, N. C.; HODGSON, J. M.; CROFT, K. D. The cardiovascular health benefits of apples: Whole fruit vs. isolated compounds. **Trends in Food Science & Technology**, v. 69, p. 243-256, nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224416305271>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.012>

BOON, C. S.; MCCLEMENTS, D. J.; WEISS, J.; DECKER, E. A. Factors Influencing the Chemical Stability of Carotenoids in Foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n. 6, p. 515-532, jun. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20544442/>. Acesso em: 21 fev. 2026. <https://doi.org/10.1080/10408390802565889>

BRANCO, C. S.; RODRIGUES, T. S.; LIMA, É. D.; CALLONI, C.; SCOLA, G.; SALVADOR, M. Chemical constituents and biological activities of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: A Review. **Journal of Organic & Inorganic Chemistry**, v. 2, n. 1, p. 1-10, fev. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/300080044_Chemical_Constituents_and_Biological_Activities_of_Araucaria_angustifolia_Bertol_O_Kuntze_A_Review. Acesso em: 12 ago. 2022. <https://doi.org/10.21767/2472-1123.100008>

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643895800085>. Acesso em: 16 abr. 2022. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 243, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alegações de propriedade funcional aprovadas. Brasília: Ministério da Saúde, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 713, de 01 de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos gelados comestíveis e dos preparados para gelados comestíveis. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.

BROADHURST, R. B.; JONES, W. T. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 29, n. 9, p. 788–794, set. 1978. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2740290908>. Acesso em: 16 abr. 2022. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740290908>

CARVALHO, P. E. R. Pitangueira: *Eugenia uniflora*. In: **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, p. 465-472, 2006.

CARVALHO, P. E. R. Cerejeira: *Eugenia involucrata*. In: **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 3, p. 193-200, 2008.

CAVALCANTE, M. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid Composition of the Tropical Fruits *Eugenia Uniflora* and *Malpighia Glabra*. **Developments in Food Science**, v. 29, p. 643-650, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444888341500582>. Acesso em: 29 dez. 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88834-1.50058-2>

CERRI, M. L.; GOMES, T. A.; CARRARO, M. M.; WOJEICCHOWSKI, J. P.; DEMIATE, I. M.; LACERDA, L. G.; ALBERTI, A.; NOGUEIRA, A. Assessing the Impact of Simultaneous Co-Fermentation on Malolactic Bioconversion and the Quality of Cider Made with Low-Acidity Apples. **Fermentation**, v. 9, n. 12, 1017, dez. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-5637/9/12/1017>. Acesso em: 26 jun. 2025. <https://doi.org/10.3390/fermentation9121017>

COLLINS, J. K.; THORNTON, G.; SULLIVAN, G. O. Selection of Probiotic Strains for Human Applications. **International Dairy Journal**, 8, n. 5-6, p. 487–490, maio 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694698000739>. Acesso em: 10 abr. 2025. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00073-9)

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro: Região Nordeste**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade – Brasília, DF: MMA, 2018.

CORNILLE, A.; GIRAUD, T.; SMULDERS, M. J. M.; ROLDÁN-RUIZ, I.; GLADIEUX, P. The domestication and evolutionary ecology of apples. **Trends in Genetics**, v. 30, n. 2, p. 57-65, fev. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016895251300190X>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2013.10.002>

COTON, E.; COTON, M.; GUICHARD, H. **Cider (Cyder; Hard Cider): The Product and Its Manufacture**. Encyclopedia of Food and Health, Elsevier, 2 Ed., p. 119-128, 2016.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Artmed, 4 Ed., p. 75-130, 2010.

DAVANI-DAVARI, D.; NEGAHDARIPOUR, M.; KARIMZADEH, I.; SEIFAN, M.; MOHKAM, M.; MASOUMI, S. J.; BERENJIAN, A.; GHAZEMI, Y. Prebiotics: Definition, Types, Sources, Mechanisms, and Clinical Applications. **Foods**, v. 8, n. 3, 92, mar. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/8/3/92>. Acesso em: 22 abr. 2025. <https://doi.org/10.3390/foods8030092>

DEGENHARDT, J.; FRAZON, R. C.; COSTA, R. R. **Cerejeira-do-mato (*Eugenia involucrata*)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007.

DENARDIN, C. C.; HIRSCH, G. E.; ROCHA, R. F.; VIZZOTTO, M.; HENRIQUES, A. T.; MOREIRA, J. C. F.; GUMA, F. T. C. R.; EMANUELLI, T. Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 23, n. 3, p. 387-398, set. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28911695/>. Acesso em: 28 dez. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2015.01.006>

DIAS, M. G.; CAMÕES, M. F. G. F. C.; OLIVEIRA, L. Carotenoid stability in fruits, vegetables and working standards – Effect of storage temperature and time. **Food Chemistry**, v. 156, p. 37-41, ago. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814614000715?via%3Dihub>. Acesso em: 21 fev. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.050>

DIMIDI, E.; CHRISTODOULIDES, S.; SCOTT, S. M.; WHELAN, K. Mechanisms of Action of Probiotics and the Gastrointestinal Microbiota on Gut Motility and Constipation. **Advances in Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 484-494, maio 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2161831322006792?via%3Dihub>. Acesso em: 09 abr. 2025. <https://doi.org/10.3945/an.116.014407>

DORON, S.; SNYDMAN, D. R. Risk and Safety of Probiotics. **Clinical Infectious Diseases**, v. 60, p. S129-S134, maio 2015. Disponível em: https://academic.oup.com/cid/article/60/suppl_2/S129/379230. Acesso em: 15 abr. 2025. <https://doi.org/10.1093/cid/civ085>

EGGERSDORFER, M.; WYSS, A. Carotenoids in human nutrition and health. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 652, p. 18-26, ago. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29885291/>. Acesso em: 29 dez. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001>

EL-NAGAR, G.; CLOWES, G.; TUDORICA, C. M.; KURI, V.; BRENNAN, C. S. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, v. 55, n. 2, p. 89-93, maio 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1471-0307.2002.00042.x>. Acesso em: 30 jun. 2025. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2002.00042.x>

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 21 abr. 2025.

FEITOSA, B. F.; ALCÂNTARA, C. M.; LIMA, A. B. S.; SILVA, A. S.; ARAÚJO, A. S.; CAVALCANTI, M. T.; MORI, E.; ARAÚJO, I. M.; FARIAS, P. A. M.; WILAIRATANA, P.; COUTINHO, H. D. M. Bioactive Natural Products for Chemical Control of Microorganisms: Scientific Prospecting (2001-2021) and Systematic Review. **Molecules**, v. 27, n. 18, 5917, set. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/18/5917>. Acesso em: 28 jul. 2025. <https://doi.org/10.3390/molecules27185917>

FEMIA, A. P.; LUCERI, C.; DOLARA, P.; GIANNINI, A.; BIGGERI, A.; SALVADORI, M.; CLUNE, Y.; COLLINS, K. J.; PAGLIERANI, M.; CADERNI, G. Antitumorigenic activity of the prebiotic inulin enriched with oligofructose in combination with the probiotics *Lactobacillus rhamnosus* and *Bifidobacterium lactis* on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. **Carcinogenesis**, v. 23, n. 11, p. 1953-1960, nov. 2002. Disponível em: <https://academic.oup.com/carcin/article-abstract/23/11/1953/2608318?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 13 mar. 2025. <https://doi.org/10.1093/carcin/23.11.1953>

FERRETTI, G.; TURCO, I.; BACCHETTI, T. Apple as a source of dietary phytonutrients: bioavailability and evidence of protective effects against human cardiovascular disease. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, p. 1234-1246, jul. 2014. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=47722>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.513134>

FILHO, G. L.; ROSSO, V. V.; MEIRELES, M. A. A.; ROSA, P. T. V.; OLIVEIRA, A. L.; MERCADANTE, A. Z.; CABRAL, F. A. Supercritical CO₂ extraction of carotenoids from pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 46, n. 1, p. 33-

39, ago. 2008. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0896844608000715>. Acesso em: 29 dez. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2008.02.014>

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. S2, p. S287–S291, 2002. Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/technological-functionality-of-inulin-and-oligofructose/EE7396DE95754439E07D70092B598746>. Acesso em: 13 mar. 2025. <https://doi.org/10.1079/bjn/2002550>

GANI, A.; SHAH, A.; AHMAD, M.; ASHWAR, B. A.; MASOODI, F. A. β -d-glucan as an enteric delivery vehicle for probiotics. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 106, p. 864-869, jan. 2018. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28842198/>. Acesso em: 26 jul. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.093>

GAO, J.; LI, X.; ZHANG, G.; SADIQ, F. A.; SIMAL-GANDARA, J.; XIAO, J.; SANG, Y. Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 7, p. 3937-3982, maio 2021. Disponível em:

<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12755>. Acesso em: 15 abr. 2025. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12755>

GARRIDO, J. I.; LOZANO, J. E.; GENOVESE, D. B. Effect of formulation variables on rheology, texture, color, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, Part 1, p. 325-332, jun. 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814004411>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.010>

GENOVESE, A.; BALIVO, A.; SALVATI, A.; SACCHI, R. Functional ice cream health benefits and sensory implications. **Food Research International**, v. 161, 111858, nov. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922009164?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jul. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111858>

GIL-CAMPOS, M.; LÓPEZ, M. Á.; RODRIGUEZ-BENÍTEZ, M. V.; ROMERO, J.; RONCERO, I.; LINARES, M. D.; MALDONADO, J.; LÓPEZ-HUERTAS, E.; BERWIND, R.; RITZENTHALER, K. L.; NAVAS, V.; SIERRA, C.; SEMPERE, L.; GEERLINGS, A.; MALDONADO-LOBÓN, J. A.; VALERO, A. D.; A. D.; LARA-VILLOSLADA, F.; OLIVARES, M. *Lactobacillus fermentum* CECT 5716 is safe and well tolerated in infants of 1–6 months of age: A Randomized Controlled Trial. **Pharmacological Research**, v. 65, n. 2, p. 231-238, fev. 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1043661811002969?via%3Dihub>. Acesso em: 08 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2011.11.016>

GIRARDELO, J. R.; MUNARI, E. L.; DALLORSOLETA, J. C. S.; CECHINEL, G.; GOETTEN, A. L. F.; SALES, L. R.; REGINATTO, F. H.; CHAVES, V. C.; SMANIOTTO, F. A.; SOMACAL, S.; EMANUELLI, T.; BENECH, J. C.; SOLDI, C.; WINTER, E.; CONTERATO, G. M. M. Bioactive compounds, antioxidant capacity and antitumoral activity of ethanolic extracts from fruits and seeds of *Eugenia involucrata* DC. **Food Research International**, v. 137, 109615, nov. 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920306402?via%3Dihub>. Acesso em: 24 jul. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109615>

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, p. F1.2.1-F1.2.13, 2001.

GOFF, H. D. **The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts**. Reference Module in Food Science, p. 47-54, 2018. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21703-4>

GOMES, T. A.; FILHO, M. R. S.; ZIELINSKI, A. A. F.; PIETROWSKI, G. A. M.; NOGUEIRA, A. Microbial Levels in Apple Must and Their Association with Fruit Selection, Washing and Sanitization. **Journal of Food Safety**, v. 34, n. 2, p. 141-149, mar. 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfs.12107>. Acesso em: 16 abr. 2022. <https://doi.org/10.1111/jfs.12107>

GONÇALVES, R.; MATEUS, N.; FREITAS, V. Influence of Carbohydrates on the Interaction of Procyanidin B3 with Trypsin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 21, p. 11794-11802, set. 2011. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf203060s?src=getfr&utm_source=sciencedirect_contenthosting&getft_integrator=sciencedirect_contenthosting. Acesso em: 10 jun. 2025. <https://doi.org/10.1021/jf203060s>

GRGIĆ, J.; ŠELO, G.; PLANINIĆ, M.; TIŠMA, M.; BUCIĆ-KOJIĆ, A. Role of the Encapsulation in Bioavailability of Phenolic Compounds. **Antioxidants**, v. 9, n. 10, 923. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/9/10/923>. Acesso em: 24 mar. 2026. <https://doi.org/10.3390/antiox9100923>

GUO, Y.; JIANG, X.; YANG, Y.; ZHANG, J.; ZENG, X.; WU, Z.; SUN, Y.; PAN, D. Prevention of necrotizing enterocolitis through surface layer protein of *Lactobacillus acidophilus* CICC6074 reducing intestinal epithelial apoptosis. **Journal of Functional Foods**, v. 47, p. 91-99, ago. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464618302627?via%3Dihub>. Acesso em: 08 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.045>

HAJARE, S. T.; BEKELE, G. Effect of probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* (LBKV-3) on fecal residual lactase activity in undernourished children below 10 years. **Journal of Immunoassay and Immunochemistry**, v. 38, n. 6, p. 620-628, out. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15321819.2017.1372475>. Acesso em: 08 abr. 2025. <https://doi.org/10.1080/15321819.2017.1372475>

HALLIWELL, B.; AESCHBACH, R.; LÖLIGER, J.; ARUOMA, O. J. The characterization of Antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, v. 33, n. 7, p. 601-617, jul. 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7628797/>. Acesso em: 12 ago. 2022. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(95\)00024-v](https://doi.org/10.1016/0278-6915(95)00024-v)

HALLORAN, K.; UNDERWOOD, M. A. Probiotic mechanisms of action. **Early Human Development**, v. 135, p. 58-65, ago. 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378378219302944?via%3Dihub>. Acesso em: 10 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.05.010>

HAN, M.; LIAO, W.; DONG, Y.; FEL, T.; GAI, Z. Sustained ameliorative effect of *Lactobacillus acidophilus* LA85 on dextran sulfate sodium-induced colitis in mice. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 9, p. 3893-3904, ago. 2023. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.16723>. Acesso em: 18 jun. 2023. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16723>

HARRIS, D. C. **Quantitative Chemical Analysis**. New York: W. H. Freeman and Company, 7 ed., 2007.

HE, T.; PRIEBE, M. G.; ZHONG, Y.; HUANG, C.; HARMSSEN, H. J. M.; RAANGS, G. C.; ANTOINE, J.-M.; WELLING, G. W.; VONK, R. J. Effects of yogurt and bifidobacteria supplementation on the colonic microbiota in lactose-intolerant subjects. **Journal of Applied Microbiology**, v. 104, n. 2, p. 595–604, fev. 2008. Disponível em: <https://academic.oup.com/jambio/article-abstract/104/2/595/6719017?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 08 abr. 2025. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03579.x>

HIRAI, C. K. Suplementos alimentares: definições e controle de qualidade prescritos pela ANVISA. Revista Analytica, São Paulo, dez. 2018. Disponível em: <https://revistaanalytica.com.br/suplementos-alimentares-definicoes-e-controle-de-qualidade-prescritos-pela-anvisa/>. Acesso em: 29 jul. 2025.

HO, C. W.; LAZIM, A. M.; FAZRY, S.; ZAKI, U. K. H. H.; LIM, S. J. Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1621-1630, abr. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27979138/>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.128>

HUL, M. V.; KARNIK, K.; CANENE-ADAMS, K.; SOUZA, M.; ABBEELE, P. V. D.; MARZORATI, M.; DELZENNE, N. M.; EVERARD, A.; CANI, P. D. Comparison of the effects of soluble corn fiber and fructooligosaccharides on metabolism, inflammation, and gut microbiome of high-fat diet-fed mice. **American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism**, v. 319, n. 4, p. E779-E791, out. 2020. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpendo.00108.2020>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00108.2020>

HUR, S. J.; LEE, S. Y.; KIM, Y.-C.; CHOI, I.; KIM, G.-B. Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. **Food Chemistry**, v. 160, p. 346-356, out. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614005159?via%3Dihub>. Acesso em: 21 maio 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.112>

INFANTE, J.; ROSALEN, P. L.; LAZARINI, J. G.; FRANCHIN, M.; ALENCAR, S. M. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Unexplored Brazilian Native Fruits. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, e0152974, abr. 2016. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0152974>. Acesso em: 08 ago. 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152974>

ITO, V. C.; DEMIANTE, I. M.; SPOTO, M.; NOGUEIRA, A.; LACERDA, L. G. Effects of gamma radiation on the stability and degradation kinetics of phenolic compounds and antioxidant activity during storage of (*Oryza sativa* L.) black rice flour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, e19180470, fev. 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/babt/a/XK6XdMNmXhBs6bmVTzcYVfG/?lang=en>. Acesso em: 26 ago. 2025. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2019180470>

IWAMOTO, T.; HOSODA, K.; HIRANO, R.; KURATA, H.; MATSUMOTO, A.; MIKI, W.; KAMIYAMA, M.; ITAKURA, H.; YAMAMOTO, S.; KONDO, K. Inhibition of low-density lipoprotein oxidation by astaxanthin. **Journal of Atherosclerosis and Thrombosis**, v. 7, n. 4, p. 216-222, set. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11521685/>. Acesso em: 29 dez. 2022. <https://doi.org/10.5551/jat1994.7.216>

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern Food Microbiology**. Springer, p. 399-404, 2005.

KAHOULI, I.; MALHOTRA, M.; ALAOUI-JAMALI, M.; PRAKASH, S. In-Vitro Characterization of the Anti-Cancer Activity of the Probiotic Bacterium *Lactobacillus Fermentum* NCIMB 5221 and Potential against Colorectal Cancer Cells. **Journal of Cancer Science and Therapy**, v. 7, n. 7, p. 224-235, jul. 2015. Disponível em:

<https://www.hilarispublisher.com/abstract/invitro-characterization-of-the-anticancer-activity-of-the-probiotic-bacterium-lactobacillus-fermentum-ncimb-5221-and-po-39900.html>. Acesso em: 10 abr. 2025. <https://doi.org/10.4172/1948-5956.1000354>

KAYA, Y.; ERTEN, T.; VURMAZ, M.; İSPIRLI, H.; ŞİMŞEK, Ö.; DERTLI, E. Comparison of the probiotic characteristics of Lactic Acid Bacteria (LAB) isolated from sourdough and infant feces. **Food Bioscience**, v. 47, 101722, jun. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221242922200181X?via%3Dihub>. Acesso em: 10 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101722>

KHALIL, N. A.; ELTAHAN, N. R.; ELAKTASH, H. M.; ALY, S.; SARBINI, S. R. Prospective evaluation of probiotic and prebiotic supplementation on diabetic health associated with gut microbiota. **Food Bioscience**, v. 42, 101149, ago. 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429221002741?via%3Dihub>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101149>

KHETO, A.; BIST, Y.; AWANA, A.; KAUR, S.; KUMAR, Y.; SEHRAWAT, R. Utilization of inulin as a functional ingredient in food: Processing, physicochemical characteristics, food applications, and future research directions. **Food Chemistry Advances**, v. 3, 100443, dez. 2023. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X23002642?via%3Dihub>. Acesso em: 28 maio 2025. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100443>

KRÜGER, R. T.; ALBERTI, A.; NOGUEIRA, A. Suitability of apple pomace and oak chips for the production of aged apple liqueur. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, p. 6178-6192, jun. 2024. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-024-02639-y>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02639-y>

LAI, Y.; DENG, H.; FANG, Q.; MA, L.; LEI, H.; GUO, X.; CHEN, Y.; SONG, C. Water-Insoluble Polysaccharide Extracted from *Poria cocos* Alleviates Antibiotic-Associated Diarrhea Based on Regulating the Gut Microbiota in Mice. **Foods**, v. 12, n. 16, 3080, ago. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/16/3080>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.3390/foods12163080>

LE BOURVELLEC, C.; BOUZERZOUR, K.; GINIES, C.; REGIS, S.; PLÉ, Y.; RENARD, C. M. G. C. Phenolic and polysaccharidic composition of applesauce is close to that of apple flesh. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 4-5, p. 537-547, jun.-ago. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157511000299>. Acesso em: 29 ago. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.12.012>

LEA, A.G.H. Cider. In: BAMFORTH, C. W.; Ward, C. W. **Oxford Handbook of Food Fermentations**. New York: Oxford University Press, p. 148–195, 2014.

LEGETTE, L. L.; LEE, W.; MARTIN, B. R.; STORY, J. A.; CAMPBELL, J. K.; WEAVER, C. M. Prebiotics Enhance Magnesium Absorption and Inulin-based Fibers Exert Chronic Effects on Calcium Utilization in a Postmenopausal Rodent Model. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 4, p. 88-94, mar. 2012. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2011.02612.x>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02612.x>

LEMES, J. S.; GIULIANI, C. S.; BEZERRA, A. S. Testes Afetivos. In: Nora, F. M. D. **Análise Sensorial Clássica: Fundamentos e Métodos**. Rio Grande do Sul: Mérida Publishers, 2021, p. 63-86.

LI, C. X.; WANG, F. R.; ZHANG, B.; DENG, Z. Y.; LI, H. Y. Stability and antioxidant activity of phenolic compounds during in vitro digestion. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 2, p. 696-716. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.16440>. Acesso em: 24 mar. 2026. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16440>

MA, X.; NAN, F.; LIANG, H.; SHU, P.; FAN, X.; SONG, X.; HOU, Y.; ZHANG, D. Excessive intake of sugar: An accomplice of inflammation. **Frontiers in Immunology**, v. 13, ago. 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2022.988481/full>. Acesso em: 07 mar. 2025. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.988481>

MADRERA, R. R.; BEDRIÑANA, R. P.; HEVIA, A. G.; ARCE, M. B.; VALLES, B. S. Production of spirits from dry apple pomace and selected yeasts. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, n. 4, p. 623-631, out. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308513000382>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.04.005>

MANNINO, G.; SERIO, G.; ASTEGGIANO, A.; GATTI, N.; BERTEA, C. M.; MEDANA, C.; GENTILE, C. Bioactive Compounds and Antioxidant Properties with Involved Mechanisms of *Eugenia involucrata* DC Fruits. **Antioxidants**, v. 11, n. 9, 1769, set. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/11/9/1769>. Acesso em: 24 jul. 2025. <https://doi.org/10.3390/antiox11091769>

MAOKA, T. Carotenoids as natural functional pigments. **Journal of Natural Medicines**, v. 74, p. 1–16, jan. 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11418-019-01364-x>. Acesso em: 29 dez. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>

MARINHO, J. F. U.; SILVA, M. P.; MAZZOCATO, M. C.; TULINI, F. L.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Probiotic and Synbiotic Sorbets Produced with Jussara (*Euterpe edulis*) Pulp: Evaluation Throughout the Storage Period and Effect of the Matrix on Probiotics Exposed to Simulated Gastrointestinal Fluids. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 11, p. 264–272, mar. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12602-017-9346-y>. Acesso em: 15 abr. 2025. <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9346-y>

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice cream**. New York: Springer. 2003. 357 p.

MARTELLO, G; MARAFON, C; MAZZONETO, V; RECH, A; RODRIGUES, C; DALLAS, C. R. R; BARBIERE, G. Aproveitamento de maçãs imprópria para consumo humano para produção de bioetanol. **Revista TECNO-LÓGICA**, v.14, n.1, p. 39-42, out. 2010. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/1269>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v14i1.1269>

MAZZIOTTA, C.; TOGNON, M.; MARTINI, F.; TORREGGIANI, E.; ROTONDO, J.C. Probiotics Mechanism of Action on Immune Cells and Beneficial Effects on Human Health. **Cells**, 12, 184, jan. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4409/12/1/184>. Acesso em: 09 abr. 2025. <https://doi.org/10.3390/cells12010184>

MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. P. Temperature and the storage of surinam cherries. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 629-634, out./dez. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/c56LNPdmPMx7TdsWNqrtLsc/?lang=pt>. Acesso em: 24 jul. 2025. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000400006>

MIGUES, I.; BAENAS, N.; GIRONÉS-VILAPLANA, A.; CESIO, M. V.; HEINZEN, H.; MORENO, D. A. Phenolic Profiling and Antioxidant Capacity of *Eugenia uniflora* L. (Pitanga) Samples Collected in Different Uruguayan Locations. **Foods**, v. 7, n. 5, 67, abr. 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/7/5/67>. Acesso em: 04 jan. 2023. <https://doi.org/10.3390/foods7050067>

MIN, M.; BUNT, C. R.; MASON, S. L.; HUSSAIN, M. A. Non-dairy probiotic food products: An emerging group of functional foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 16, p. 2626–2641, maio 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2018.1462760>. Acesso em: 15 abr. 2025. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1462760>

MOLSKA, M.; REGUŁA, J.; Potential Mechanisms of Probiotics Action in the Prevention and Treatment of Colorectal Cancer. **Nutrients**, v. 11, n. 10, 2453, out. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/10/2453>. Acesso em: 10 abr. 2025. <https://doi.org/10.3390/nu11102453>

MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. **Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness**. Journal of Dairy Science, New York, v. 87, p. 1-10, 2004. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)

NACHTIGALL, G. R. **Vista geral de pomar de macieira do grupo Gala**. Embrapa Uva e Vinho, 05 jan. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/6331001/pomar-de-macieira>. Acesso em: 22 mar. 2026.

NG, S. C.; HART, A. L.; KAMM, M. A.; STAGG, A. J.; KNIGHT, S. C. Mechanisms of Action of Probiotics: Recent Advances. **Inflammatory Bowel Diseases**, v. 15, n. 2, p. 300–310, jul. 2008. Disponível em: <https://academic.oup.com/ibdjournal/article-abstract/15/2/300/4643557?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 09 abr. 2025. <https://doi.org/10.1002/ibd.20602>

NICÁCIO, A. E.; ROTTA, E. M.; BOEING, J. S.; BARIZÃO, É. O.; KIMURA, E.; VISENTAINER, J. V.; MALDANER, L. Antioxidant Activity and Determination of Phenolic Compounds from *Eugenia involucrata* DC. Fruits by UHPLC-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 10, p. 2718–2728, fev. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-017-0840-3>. Acesso em: 08 ago. 2022. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-0840-3>

NOGUEIRA, A.; SWIECH, B. D.; DENARDI, F.; WOSIACKI, G. Características físico-químicas e sensoriais de suco de maçã clarificado e fermentado. **UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciência, Agricultura, Engenharia**, v. 12, n. 3, p. 15-23, dez. 2006. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/exatas/article/view/870>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.5212/publicatio.v12i03.870>

NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Apple cider fermentation. In: YUI, Y. H. **Handbook of plant based fermented food and beverage technology**. Florida: CRC Press, 2 Ed., p. 209-236, 2012.

OGAH, O., WATKINS, C. S., UBI, B. E., ORAGUZIE, N. C. Phenolic compounds in rosaceae fruit and nut crops. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 39, 9369-9386, set. 2014. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf501574q>. Acesso em: 24 jul. 2025. <https://doi.org/10.1021/jf501574q>

OPPERMANN, A. K. L.; GRAAF, C.; SCHOLTEN, E.; STIEGER, M.; PIQUERAS-FISZMAN, B. Comparison of Rate-All-That-Apply (RATA) and Descriptive sensory Analysis (DA) of model double emulsions with subtle perceptual differences. **Food Quality and Preference**, v. 56, 55 – 68, mar. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329316301987>. Acesso em: 21 mar. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.09.010>

PAIVA, I. H. R.; MACIEL, L. M.; SILVA, R. S.; MENDONÇA, I. P.; SOUZA, J. R. B.; PEIXOTO, C. A. Prebiotics modulate the microbiota–gut–brain axis and ameliorate anxiety and depression-like behavior in HFD-fed mice. **Food Research International**, v. 182, 114153, abr. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996924002230?via%3Dihub>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114153>

PALKA, A.; SKOTNICKA, M. The Health-Promoting and Sensory Properties of Tropical Fruit Sorbets with Inulin. **Molecules**, v. 27, n. 13, 4239, jun. 2022. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/1420-3049/27/13/4239>. Acesso em: 21 maio 2025.
<https://doi.org/10.3390/molecules27134239>

PARK, S. H.; JO, Y.-J.; CHUN, J.-Y.; HONG, G.-P.; DAVAATSEREN, M.; CHOI, M.-J. Effect of Frozen Storage Temperature on the Quality of Premium Ice Cream. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 35, n. 6, p. 793-799, dez. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26877639/>. Acesso em: 16 jun. 2025.
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.6.793>

PÄRTTY, A., LEHTONEN, L., KALLIOMÄKI, M. SALMINEN, S.; ISOLAURI, E. Probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG therapy and microbiological programming in infantile colic: a randomized, controlled trial. **Pediatric Research**, v. 78, p. 470–475, jul. 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/pr2015127>. Acesso em: 08 abr. 2025.
<https://doi.org/10.1038/pr.2015.127>

PASQUALETTI, V.; ALTOMARE, A.; GUARINO, M. P. L.; LOCATO, V.; COCCA, S.; CIMINI, S.; PALMA, R.; ALLONI, R.; GARA, L.; CICALA, M. Antioxidant activity of inulin and its role in the prevention of human colonic muscle cell impairment induced by lipopolysaccharide mucosal exposure. **PLoS One**, v. 9, n. 5. e98031, maio 2014. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0098031>. Acesso em: 13 mar. 2025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098031>

PAUNOVIC, D.; ZLATKOVIC, B.; MIRKOVIC, D. Kinetics of drying and quality of the apple cultivars Granny Smith, Idared and Janagold. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 55, n. 3, p. 261-272, jan. 2010. Disponível em: <https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1450-81091003261P>. Acesso em: 17 jan. 2025. <https://doi.org/10.2298/JAS1003261P>

PEREIRA, E. S.; RAPHAELLI, C. O.; VINHOLES, J. R.; RIBEIRO, J. A.; FIORENTINI, Â. M.; NORA, L.; VIZZOTTO, M. *Eugenia uniflora* L. fruit: A review on its Chemical Composition and Bioactivity. **The Natural Products Journal**, v. 12, n. 2, jan. 2022. Disponível em: <https://www.eurekaselect.com/article/117723>. Acesso em: 04 jan. 2023.
<https://doi.org/10.2174/2210315511666210907095136>

PERSIC, M., MIKULIC-PETKOVSEK, M., SLATNAR, A., VEBERIC, R. Chemical composition of apple fruit, juice and pomace and the correlation between phenolic content, enzymatic activity and browning. **LWT - Food Science and Technology**, v. 82, p. 23–31. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817302360?via%3Dihub>. Acesso em: 24 jul. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.017>

PINTOR, A.; ESCALONA-BUENDÍA, H.B.; TOTOSAUS, A. Effect of inulin on melting and textural properties of low-fat and sugar-reduced ice cream: optimization via a response surface methodology. **International Food Research Journal**, v. 24, n. 4, p.1728-1734, ago. 2017. Disponível em: <https://research.ebsco.com/c/fmptew/search/details/23dkkvvm1f?db=fsr>. Acesso em: 26 jun. 2025.

PLAZA-DIAZ, J.; RUIZ-OJEDA, F. J.; GIL-CAMPOS, M.; GIL, A. Mechanisms of Action of Probiotics. **Advances in Nutrition**, v. 10, p. S49-S66, jan. 2019. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2161831322001995?via%3Dihub>. Acesso em: 10 abr. 2025. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy063>

- QI, Y.; DONG, Y.; GU, J.; CAI, Y.; ZHANG, Y.; GAI, Z.; HAN, M. In-depth genomic identification and safety evaluation of *Lactobacillus acidophilus* LA85. **Journal of Functional Foods**, v. 123, 106604, dez. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464624006078?via%3Dihub>. Acesso em: 18 jun. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106604>
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231-1237, maio 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0891584998003153>. Acesso em: 16 abr. 2022. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- REZAEI, R.; KHOMEIRI, M.; ALAMI, M.; KASHANI-NEJAD, M. Effect of Guar Gum and Arabic Gum on the Viability of *Lactobacillus acidophilus* (La5) and *Bifidobacterium lactis* (Bb12) in Frozen Yogurt. **Iranian Food Science and Technology Research Journal**, v. 8, n. 4, 22, mar. 2013. Disponível em: https://ifstrj.um.ac.ir/article_32047.html?lang=en. Acesso em: 30 maio 2025. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v8i4.20146>
- RIPPE, J. M.; ANGELOPOULOS, T. J. Relationship between Added Sugars Consumption and Chronic Disease Risk Factors: Current Understanding. **Nutrients**, v. 8, n. 11, 697. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/8/11/697>. Acesso em: 07 mar. 2025. <https://doi.org/10.3390/nu8110697>
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. OMNI Research ILSI, Washington, DC, USA. p. 1-64, 2001.
- ROSENTHAL, A. J. **Food Texture: Measurement and Perception**. Oxford Brookes University, Oxford, UK, 1999.
- SAARELA M, MOGENSEN G, FONDÉN R, MÄTTÖ J, MATTILA-SANDHOLM T. Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. **Journal of Biotechnology**, v. 84, n. 3, p. 197-215, dez. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168165600003758>. Acesso em: 10 abr. 2025. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(00\)00375-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(00)00375-8)
- SALEM, R. D. S.; JUDACEWSKI, P.; LOS, P. R.; COSTANTIN, F. A. B. **Sorvete produzido com baixo teor de gordura e adição de colágeno hidrolisado: avaliações físico-químicas, instrumentais e sensoriais**. In: **X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção - CONBREPRO**, 2020, Ponta Grossa. Anais do X CONBREPRO, 2020.
- SANDERS, M. E. Probiotics: Definition, Sources, Selection, and Uses. **Clinical Infectious Diseases**, v. 46, p. S58–S61, fev. 2008. Disponível em: https://academic.oup.com/cid/article-abstract/46/Supplement_2/S58/277369?redirectedFrom=fulltext#google_vignette. Acesso em: 10 abr. 2025. <https://doi.org/10.1086/523341>
- SANTOS, J. S.; SANTOS, M. P.; AZEVEDO, A. S. Validação de um método para determinação simultânea de quatro ácidos orgânicos por cromatografia líquida de alta eficiência em polpas de frutas congeladas. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 540-544, jun. 2014.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/KZyLfYLTHfNQ9rWVDgCXmCg/?lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2023. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140087>

SANTOS, T. P. M.; ALBERTI, A.; JUDACEWSKI, P.; ZIELINSKI, A. A. F.; NOGUEIRA, A. Effect of sulphur dioxide concentration added at different processing stages on volatile composition of ciders. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 124, n. 3, p. 261-268, jun. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jib.500>. Acesso em: 09 fev. 2023. <https://doi.org/10.1002/jib.500>

SCHMIDT, K. A.; MOKHTARI, P.; HOLZHAUSEN, E. A.; ALDERETE, T. L.; ALLAYEE, H.; NAYAK, K. S.; SINATRA, F. R.; PICKERING, T. A.; MACK, W.; KOHLI, R. Effects of Dietary Sugar Reduction on Biomarkers of Cardiometabolic Health in Latino Youth: Secondary Analyses from a Randomized Controlled Trial. **Nutrients**, v. 15 (15), 3338, jul. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/15/3338>. Acesso em: 07 mar. 2025. <https://doi.org/10.3390/nu15153338>

SCHULZ, M.; SERAGLIO, S. K. T.; BRUGNEROTTO, P.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Composition and potential health effects of dark-colored underutilized Brazilian fruits – A review. **Food Research International**, v. 137, 109744, nov. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996920307699>. Acesso em: 24 jul. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109744>

SHELBY, R. D.; PAMELA MAR, P.; JANZOW, G. E.; MASHBURN-WARREN, L.; TENGBERG, N.; NAVARRO, J. B.; ALLEN, J. M.; WICKHAM, J.; WANG, Y.; BAILEY, M. T.; GOODMAN, S. D.; BESNER, G. E. Antibacterial and anti-inflammatory effects of *Lactobacillus reuteri* in its biofilm state contribute to its beneficial effects in a rat model of experimental necrotizing enterocolitis. **Journal of Pediatric Surgery**, v. 57, n. 7, p. 1382-1390, jul. 2022. Disponível em: [https://www.jpedsurg.org/article/S0022-3468\(21\)00592-3/abstract](https://www.jpedsurg.org/article/S0022-3468(21)00592-3/abstract). Acesso em: 08 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.09.001>

SHENG, J.; SHAN, C.; LIU, Y.; ZHANG, P.; LI, J.; CAI, W.; TANG, F. Comparative evaluation of the quality of red globe grape juice fermented by *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus plantarum*. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 2235–2248, abr. 2022. Disponível em: <https://academic.oup.com/ijfst/article/57/4/2235/7807232>. Acesso em: 26 jun. 2025. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15568>

SHRUTHI, B.; DEEPA, N.; SOMASHEKARAIAH, R.; ADITHI, G.; DIVYASHREE, S.; SREENIVASA, M. Y. Exploring biotechnological and functional characteristics of probiotic yeasts: A review. **Biotechnology Reports**, v. 34, e00716, jun. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X22000170?via%3Dihub>. Acesso em: 10 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2022.e00716>

SILVA, K. M.; ZIELINSKI, A. A. F.; BENVENUTTI, L.; BORTOLINI, D. G. ZARDO, D. M.; BELTRAME, F. L.; NOGUEIRA, A.; ALBERTI, A. Effect of fruit ripening on bioactive compounds and antioxidant capacity of apple beverages. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 2, 294-300, abr.-jun. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/d3ZqS5r8cXCRDsBDbk8YrLw/?lang=en>. Acesso em: 19 maio 2025. <https://doi.org/10.1590/fst.25317>

SILVA, N. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 6. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2021.

SILVEIRA, A. L. M.; FERREIRA, A. V. M.; OLIVEIRA, M. C.; RACHID, M. A.; SOUSAM L. F. C.; MARTINS, F. S.; GOMES-SANTOS, A. C.; VIEIRA, A. T.; TEIXEIRA, M. M. Preventive rather than therapeutic treatment with high fiber diet attenuates clinical and inflammatory markers of acute and chronic DSS-induced colitis in mice. **European Journal of Nutrition**, v. 56, p. 179-191, fev. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00394-015-1068-x>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-1068-x>

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p.144-158, jan. 1965. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>. Acesso em: 16 abr. 2022.

SOARES, M.; WELTER, L.; GONZAGA, L.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R.; Avaliação da atividade antioxidante dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 727-732, set. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-20612008000300032&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 29 mar. 2022. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300032>

SOTOUDEGAN, F.; DANIALI, M.; HASSANI, S.; NIKFAR, S.; ABDOLLAHI, M. Reappraisal of probiotics' safety in human. **Food and Chemical Toxicology**, v. 129, p. 22-29, jul. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691519302315?via%3Dihub>. Acesso em: 15 abr. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.032>

SRINIVAS, D.; MITAL, B. K.; GARG, S. K. Utilization of sugars by *Lactobacillus acidophilus* strains. **International Journal of Food Microbiology**, v. 10, n. 1, p. 51-57, jan. 1990. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016816059090007R>. Acesso em: 26 jun. 2025. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(90\)90007-R](https://doi.org/10.1016/0168-1605(90)90007-R)

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Methods for Measuring Antioxidant Activity of Fruits. **UNOPAR Científica**, Ciências Biológicas e da Saúde, v. 14, n. 4, p. 263-269, maio 2012. Disponível em: <https://journalhealthscience.pgskroton.com.br/article/view/885>. Acesso em: 12 ago. 2022. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2012V14N4P>

SZYDŁOWSKA, A.; KOŁOŻYN-KRAJEWSKA, D. Development of potentially probiotic and synbiotic pumpkin frozen desserts. **CyTA - Journal of Food**, v. 17, n. 1, p. 251–259, jun. 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2019.1570975>. Acesso em: 15 abr. 2025. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1570975>

TANAKA, T.; SHNIMIZU, M.; MORIWAKI, H. Cancer chemoprevention by carotenoids. **Molecules**, v. 17, n. 3, p. 3202-3242, mar. 2012. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/1420-3049/17/3/3202>. Acesso em: 29 dez. 2022.
<https://doi.org/10.3390/molecules17033202>

TBCA. **Composição de Alimentos**. Disponível em: <https://www.tbca.net.br/>. Acesso em: 22 mar. 2026.

TEFERRA, T. F. Possible actions of inulin as prebiotic polysaccharide: A review. **Food Frontiers**, v. 2, n. 4, p. 407-416, jun. 2021. Disponível em:
<https://iadns.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fft2.92>. Acesso em: 13 mar. 2025.
<https://doi.org/10.1002/fft2.92>

TOMARO-DUCHESNEAU, C.; SAHA, S.; MALHOTRA, M.; JONES, M. L.; LABBÉ, A.; RODES, L.; KAHOU, I.; PRAKASH, S. Effect of orally administered *L. fermentum* NCIMB 5221 on markers of metabolic syndrome: an in vivo analysis using ZDF rats. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, p. 115–126, out. 2013. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-013-5252-8>. Acesso em: 10 abr. 2025.
<https://doi.org/10.1007/s00253-013-5252-8>

TOMAS, M.; BEEKWILDER, J.; HALL, R. D.; SIMON, C. D.; SAGDIC, O.; CAPANOGLU, E. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and *in vitro* bioaccessibility of tomato sauce. **Food Research International**, v. 106, p. 129-135, abr. 2018. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996917309043?via%3Dihub>. Acesso em: 19 maio 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.050>

TRACHSEL, J.; BRIGGS, C.; GABLER, N. K.; ALLEN, H. K.; LOVING, C. L. Dietary Resistant Potato Starch Alters Intestinal Microbial Communities and Their Metabolites, and Markers of Immune Regulation and Barrier Function in Swine. **Frontiers in Immunology**, v. 10, 1381, jun. 2019. Disponível em:
<https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2019.01381/full>. Acesso em: 21 abr. 2025. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.01381>

TSAI, Y.-L.; LIN, T.-L.; CHANG, C.-J.; WU, T.-R.; LAI, W.-F.; LU, C.-C.; LAI, H.-C. Probiotics, prebiotics and amelioration of diseases. **Journal of Biomedical Science**, v. 26, 3, jan. 2019. Disponível em: <https://jbiomedsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12929-018-0493-6>. Acesso em: 22 abr. 2025. <https://doi.org/10.1186/s12929-018-0493-6>

TSIFINTARIS, M.; KIOUSI, D.E.; REPANAS, P.; KAMARINOU, C.S.; KAVAKIOTIS, I.; GALANIS, A. Probio-Ichnos: A Database of Microorganisms with *In Vitro* Probiotic Properties. **Microorganisms**, 12, 1955, set. 2024. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/2076-2607/12/10/1955>. Acesso em: 10 abr. 2025.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms12101955>

TUO, Y.; SONG, X.; SONG, Y.; LIU, W.; TANG, Y.; GAO, Y.; JIANG, S.; QIAN, F.; MU, G. Screening probiotics from *Lactobacillus* strains according to their abilities to inhibit pathogen adhesion and induction of pro-inflammatory cytokine IL-8. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 4822-4829, jun. 2018. Disponível em:
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(18\)30235-2/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(18)30235-2/fulltext). Acesso em: 09 abr. 2025. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13654>

TYUTKOV, N.; ZHERNYAKOVA, A.; BIRCHENKO, A.; EMINOVA, E.; NADTOCHII, L.; BARANENKO, D. Probiotics viability in frozen food products. **Food Bioscience**, v. 50, 101996, dez. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429222004564>. Acesso em: 16 jun. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101996>

VIEIRA, R. G.; PRESTES, R. A.; DENARDI, F.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Chemical pattern of brazilian apples: a chemometric approach based on the Fuji and Gala varieties. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 418-426, abr.-jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/ZKBRcpzCvV48Dd8nrrL8hqx/?lang=en>. Acesso em: 19 maio 2025. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000200021>

WANG, Z.; FENG, Y.; YANG, N.; JIANG, T.; XU, H.; LEI, H. Fermentation of kiwifruit juice from two cultivars by probiotic bacteria: Bioactive phenolics, antioxidant activities and flavor volatiles. **Food Chemistry**, v. 373, 131455, mar. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621024614?via%3Dihub>. Acesso em: 21 maio 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131455>

WHO/FAO. Probiotic in food - Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. World Health Organization/Food and Agriculture Organization of The United Nations. Roma, 2006.

WOSIACKI, G.; KAMICOGA, A. T. M.; NEVES, J. F. Características do suco clarificado de maçãs. **Alimentos e Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 37, p. 76-79, 1991.

WOSIACKI, G. Apple varieties growing in subtropical areas: the situation in Paraná – Brazil. **Fruit Processing**, v. 5, p. 177-182, maio 2001.

XUE, L.; LI, Z.; XUE, J.; WANG, H.; WU, T.; LIU, R.; SUI, W.; ZHANG, M. *Lactobacillus acidophilus* LA85 ameliorates cyclophosphamide-induced immunosuppression by modulating Notch and TLR4/NF- κ B signal pathways and remodeling the gut microbiota. **Food & Function**, v. 13, p. 8107-8118, jun. 2022. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/fo/d1fo04331e>. Acesso em: 18 jun. 2026. <https://doi.org/10.1039/D1FO04331E>

YAN, F.; POLK, D. B. Probiotic bacterium prevents cytokine-induced apoptosis in intestinal epithelial cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 277, n. 52, p. 50959-50965, dez. 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12393915/>. Acesso em: 09 abr. 2025. <https://doi.org/10.1074/jbc.M207050200>

YERMAKOV, A. I.; ARASIMOV, V. V.; YAROSH, N. P. **Methods of biochemical analysis of plants**. Leningrad: Agropromizdat, 1987.

YOSHIDA, Y.; FAN, X. T.; PATTERSON, M. **The 'Fuji' apple**. A History of fruit varieties: the American Pomological Society: one hundred fifty years, 1848-1998. Yakima, Washington: Good Fruit Grower Magazine, p. 137-141, 1998. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=748822&biblioteca=CNPUV&busca=yoshida&qFacets=yoshida&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 17 jan. 2025.

ZHENG, J.; WITTOUCK, S.; SALVETTI, E.; FRANZ, C. M. A. P.; HARRIS, H. M. B.; MATTARELLI, P.; O'TOOLE, P. W.; POT, B.; VANDAMME, P.; WALTER, J.; WATANABE, K.; WUYTS, S.; FELIS, G. E.; GÄNZLE, M. G.; LEBEER, S. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 70, n. 4, p. 2782-2858, abr. 2020. Disponível em: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/ijsem.0.004107>. Acesso em: 09 jun. 2026. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555-559, mar. 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814698001022>. Acesso em: 16 abr. 2022. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

ZHU, J.; SUN, Y.; DONG, Y.; ZHAO, Y. GAI, Z.; FANG, S. Efficacy and Safety of *Lactobacillus acidophilus* LA85 in Preventing Antibiotic-Associated Diarrhea: A Randomized, Placebo-Controlled Study. **Food Science & Nutrition**, v. 13, n. 6, e70490, jun. 2025. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fsn3.70490>. Acesso em: 18 jun. 2026. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70490>

ZIELINSKI, A. A. F., ZARDO, D. M., ALBERTI, A., BORTOLINI, D. G., BENVENUTTI, L., DEMIATE, I. M., NOGUEIRA, A. Effect of cryoconcentration process on phenolic compounds and antioxidant activity in apple juice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 6, p. 2786-2792, nov. 2018. Disponível em: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.9486>. Acesso em: 07 mar. 2025. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9486>

ZYL, W. F. VAN, DEANE, S. M.; DICKS, L. M. T. Molecular Insights into Probiotic Mechanisms of Action Employed against Intestinal Pathogenic Bacteria. **Gut Microbes**, v. 12, n. 1, 1831339, out. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19490976.2020.1831339>. Acesso em: 09 abr. 2025. <https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1831339>

APÊNDICE A – FORMULÁRIO ANÁLISE SENSORIAL CAPÍTULO 2

Análise Sensorial – Sorbet de Maçã

Você receberá 4 amostras (sorbet de maçã) diferentes e codificadas. Por gentileza, avalie o solicitado em cada questão para cada amostra. Entre uma amostra e outra, consuma um pouco de água para limpar o paladar.

*** Indica uma pergunta obrigatória**

1. Nome completo *

2. Endereço de e-mail *

3. Idade *

- ☐ ≤ 18
- ☐ 19 - 29
- ☐ 30-39
- ☐ 40-49
- ☐ 50-59
- ☐ ≥ 60

4. Sexo *

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

5. Escolaridade *

- ☐ Fundamental incompleto
- ☐ Fundamental completo
- ☐ Ensino médio incompleto
- ☐ Ensino Médio completo
- ☐ Ensino Superior incompleto
- ☐ Ensino Superior completo
- ☐ Pós-Graduação

Prove e Avalie:

8. Avalie o **aroma** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	9	8	7	6	5	4	3	2	1
204	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

9. Avalie o **sabor** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	9	8	7	6	5	4	3	2	1
204	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

10. Avalie a **textura** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	9	8	7	6	5	4	3	2	1
204	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Prove e avalie:

Por gentileza, avalie as 4 amostras para cada atributo solicitado, de acordo com a seguinte escala do ideal:

1 - Muito abaixo do ideal

2 - Abaixo do ideal

3 - Ideal

4 - Acima do ideal

5 - Muito acima do ideal

11. Avalie o **gosto doce** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	1 – Muito abaixo	2 – Abaixo	3 - Ideal	4 – Acima	5 – Muito acima
204	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐

12. Avalie a **acidez** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	1 – Muito abaixo	2 – Abaixo	3 - Ideal	4 – Acima	5 – Muito acima
204	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐

13. Avalie o **aroma de maçã** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	1 – Muito abaixo	2 – Abaixo	3 - Ideal	4 – Acima	5 – Muito acima
204	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐

14. Avalie a **cremosidade** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	1 Muito abaixo	2 Abaixo	3 - Ideal	4 Acima	5 Muito acima
204	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐

15. Avalie a **textura** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	1 Muito abaixo	2 Abaixo	3 - Ideal	4 Acima	5 Muito acima
204	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐

16. Avalie a **sensação refrescante** de cada amostra, de acordo com a escala a seguir. *

Atenção: Não esqueça de rolar a barra do seu celular para visualizar todas as opções.

	1 Muito abaixo	2 Abaixo	3 - Ideal	4 Acima	5 Muito acima
204	☐	☐	☐	☐	☐
638	☐	☐	☐	☐	☐
824	☐	☐	☐	☐	☐
510	☐	☐	☐	☐	☐

Por favor, use este espaço para escrever qualquer observação adicional sobre a amostra. Você pode descrever sensações que não foram capturadas na ficha, algo que achou interessante ou até mesmo sugerir melhorias para o produto.

Comentário

APÊNDICE B – FORMULÁRIO ANÁLISE SENSORIAL CAPÍTULO 3

Análise Sensorial – Sorbet

Nome completo: _____

Por gentileza, prove a amostra **138** para cada atributo abaixo e avalie de acordo com a seguinte escala hedônica:

Atributos:

Impressão global: _____

Cremosidade: _____

Acidez: _____

Doçura: _____

Escala hedônica:
9 - Gostei extremamente

8 - Gostei muito

7 - Gostei moderadamente

6 - Gostei ligeiramente

5 - Indiferente

4 - Desgostei ligeiramente

3 - Desgostei moderadamente

2 - Desgostei muito

1 - Desgostei extremamente

Por gentileza, avalie a amostra **138** e selecione se cada atributo **é perceptível ou não** e, se sim, marque a **intensidade** de cada atributo de acordo com a escala:

1 - Muito Fraco

2 – Fraco

3 - Moderadamente fraco

4 - Ligeiramente fraco

5 - Indiferente

6 - Ligeiramente forte

7 - Moderadamente forte

8 - Forte

9 - Muito forte

Atributos	Sim	Não	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aparência brilhante											
Aparência cremosa											
Gosto doce											
Gosto ácido											
Gosto amargo											
Sabor frutado											
Sabor de maçã											
Aroma frutado											
Aroma de maçã											
Aroma fermentado											
Cremosidade											
Residual arenoso											
Sensação arenosa											
Sensação refrescante											

 O que mais gostou na amostra **138**?

 O que menos gostou na amostra **138**?

ANEXO A – FICHA TÉCNICA INULINA

Emissão: janeiro/2023 Revisão 01: outubro/2023



FICHA TÉCNICA

1. PRODUTO

Inulina

2. COMPOSIÇÃO

Inulina derivada da chicória. NÃO CONTÉM GLÚTEN

3. APLICAÇÃO

As plantas que produzem a inulina são comumente utilizadas como suplemento. Embora a inulina não seja absorvida pelo nosso organismo, age como prebiótico, nutrindo as bactérias benéficas. Essas bactérias ajudam a regular o intestino e fortalecer o sistema imunológico.

4. ARMAZENAMENTO

Conservar em local fresco, protegido da umidade e da luz solar.

5. VALIDADE

12 meses a partir da data de fabricação.

6. CARACTERÍSTICAS

Pó fino branco a amarelado, higroscópico, de sabor adocicado.

7. LIMITES QUÍMICOS E FÍSICOS

Densidade	570 – 670 g/L
Inulina	Mín. 90 %
Glucose+frutose+sucrose	Máx. 10 %
Sólidos totais	95 – 99 %
pH (10g/100g)	5 – 7
Condutividade	Máx. 250 µS/cm
Cinzas sulfatadas	Máx. 0,2 %
Arsênio	Máx. 0,03 mg/kg
Chumbo	Máx. 0,02 mg/kg
Mercurio	Máx. 0,01 mg/kg
Cádmio	Máx. 0,01 mg/kg

8. LIMITES MICROBIOLÓGICOS

Total bactérias aeróbia	Máx. 1000 UFC/g
Leveduras	Máx. 20 UFC/g
Bolores	Máx. 20 UFC/g
Esporos aeróbicos termofílicos	Máx. 1000 UFC/g
Enterobacteriaceae (incluindo coliformes, E. coli)	Negativo

Clostridia (incluindo <i>C. perfringens</i>)	Negativo
<i>Bacillus cereus</i>	Máx. 10 UFC/0,1g
<i>Salmonella</i>	Ausente / 25g

9. TABELA NUTRICIONAL

Quantidade por porção	100 g	%VD
Valor Energético	210 kcal	42 %
Carboidratos	8 g	3 %
Açúcares totais	0 g	0 %
Açúcares adicionados	0 g	0 %
Proteínas	0 g	0 %
Gorduras Totais	0 g	0 %
Gordura saturada	0 g	0 %
Gordura Trans	0 g	**
Fibra alimentar	89 g	356%
Sódio	0 mg	0 %

10. ALERGÊNICOS

Trigo e suas estirpes hibridizadas	Não contém
Centeio e suas estirpes hibridizadas	Não contém
Cevada e suas estirpes hibridizadas	Não contém
Aveia e suas estirpes hibridizadas	Contém
Crustáceos e moluscos	Não contém
Peixes	Não contém
Ovos e derivados	Não contém
Amendoim e derivados	Não contém
Soja e derivados	Não contém
Leite e derivados (de todas as espécies de animais mamíferos)	Não contém
Amêndoa (<i>Prunus dulcis</i> , sin.: <i>Prunus amygdalus</i> , <i>Amygdalus communis</i> L.)	Não contém
Avelãs (<i>Corylus spp.</i>)	Não contém
Castanha-de-caju (<i>Anacardium occidentale</i>)	Não contém
Castanha-do-brasil ou castanha-do-pará (<i>Bertholletia excelsa</i>)	Não contém
Macadâmias (<i>Macadamia spp.</i>)	Não contém
Nozes (<i>Juglans spp.</i>)	Não contém
Pecãs (<i>Carya spp.</i>)	Não contém
Pistaches (<i>Pistacia spp.</i>)	Não contém

11. CERTIFICAÇÕES Kosher e Halal

Dados emitidos eletronicamente não necessita de assinatura.

Neovita Foods Eirelli

Rua Mendes Caldeira, 354 – Brás - Cep: 03007-060 – São Paulo, SP

Telefone: (11) 3227-0416 / (11) 96020-9995 - E-mail: qualidade@ingredientesonline.com.br

ANEXO B – FICHA TÉCNICA SISTEMA DE ESPESSANTES E ESTABILIZANTE

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA



Produto	Cliente	Emissão	Revisão		Pág.
FRU 4002-T01		08/08/2024	n°	Data	117/1 20
Código do cliente: FRU 8000-1			0	08/08/2024	

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Descrição	Mistura de espessantes e estabilizante.
Aplicação	Gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. *
Composição	Espessantes goma guar e goma xantana; estabilizante carboximetilcelulose sódica.
Aspecto / Cor	Pó de cor creme, sendo que pequenas variações na cor podem ocorrer devido à origem das matérias primas utilizadas.
Solubilidade	Hidrata parcialmente em água fria e dissolve completamente acima de 85°C.

*Utilizar de acordo com os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade e com a Legislação vigentes.

COMPOSIÇÃO

Ingredientes	Concentração (%)
Goma guar	40 – 60
Goma xantana	30 – 45
Carboximetilcelulose sódica	10 – 15

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Análises	Características / Valores
Gordura	Máx. 0,5 %
Proteína	Máx. 5,5 %
Umidade	Máx. 9,5 %

Status GMO

Não contém ingredientes transgênicos.

Status Glúten

Não contém glúten.

PRESENÇA DE ALERGÊNICOS*

Trigo, centeio, cevada, aveia e suas estirpes hibridizadas	Crustáceos e derivados	Ovos e derivados	Peixes e derivados	Amendoim e derivados	Soja e derivados	Leite e derivados	Amêndoas e derivados	Avelãs e derivados	Castanhas, castanhas do Pará, castanhas de caju e derivados	Macadâmia e derivados	Pistaches e derivados	Nozes, pecãs e derivados	Pinoli e derivados	Látex natural
não	não	não	não	não	não	**	não	não	não	não	não	não	não	não

* Resolução RDC nº 727 de 01/07/2022-ANVISA

** Pode conter.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL*	
	100 g
Energia (kcal)	185
Carboidratos totais (g)	0
Açúcares totais (g)	0
Açúcares adicionados (g)	0
Lactose (g)	0
Proteínas (g)	3,2
Gorduras totais (g)	0,3
Gorduras saturadas (g)	0,1
Gorduras trans (g)	0
Colesterol (mg)	0,6
Fibras (g)	85
Sódio (mg)	2253

*Os valores correspondem a cálculos teóricos, com base em informações enviadas por nossos fornecedores e podem diferir dos valores obtidos analiticamente.

PROPRIEDADES MICROBIOLÓGICAS	
Análises	Valores
Contagem total	< 1,0 x 10 ⁴ UFC/g
Coliformes a 35°C	< 1,0 x 10 ² NMP/g
Coliformes a 45°C	< 3,0 NMP/g
<i>Salmonella sp</i>	Ausente em 25 g
Bolores e Leveduras	< 2,0 x 10 ³ UFC/g

EMBALAGEM		Saco kraft branco revestido com polietileno contendo 25 kg. <i>Nota: Ajude o meio ambiente. Destine a embalagem vazia à reciclagem.</i>
ARMAZENAGEM	Local seco e fresco.	
VALIDADE	12 (doze) meses na embalagem original fechada.	

REGISTROS	
Ministério da Saúde / ANVISA	Isento de Registro conforme a Resolução RDC nº27 de 06.08.2010
Ministério da Agricultura	Dispensado de AUP conforme Instrução Normativa nº 49 de 14.09.2006.

Todas as referências tecnológicas estão de acordo com nosso melhor conhecimento. No entanto é indispensável a elaboração de testes e a verificação das características de nossos produtos antes da sua efetiva utilização para determinar sua adaptação às condições tecnológicas individuais de cada empresa.

Matriz: Rua Alberto Sampaio, 45 | 04373-030 | São Paulo SP Brasil
Filial: Estrada Municipal João Bianco, 1050 | 13251-699 | Itatiba SP Brasil

t: +55 11 5564-1100
www.globalfood.com.br