

UFRRJ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

DISSERTAÇÃO

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DA POLPA DE
JUÇARA EM PÓ EM SORVETE (BASE LÁCTEA) DE FRUTAS
VERMELHAS SOBRE A BIOACESSIBILIDADE E ESTABILIDADE
DOS COMPOSTOS FENÓLICOS**

PAULA MARINHO ROSA

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA INCORPORAÇÃO DA POLPA DE JUÇARA EM PÓ
EM SORVETE (BASE LÁCTEA) DE FRUTAS VERMELHAS SOBRE A
BIOACESSIBILIDADE E ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS FENÓLICOS.**

Paula Marinho Rosa

Sob a orientação do(a) Professor(a)
Prof. Dr. Lourdes Maria Corrêa Cabral

Co-orientação do(a) Professor(a)
Prof. Dr. Flávia dos Santos Gomes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos.

Seropédica, RJ
Julho, 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R788a Rosa, Paula Marinho, 1990-
Avaliação do efeito da incorporação da polpa de
juçara em pó em sorvete (base láctea) de frutas
vermelhas sobre a bioacessibilidade e estabilidade
dos compostos fenólicos / Paula Marinho Rosa. -
Seropédica, 2023.
115 f.: il.

Orientadora: Lourdes Maria Corrêa Cabral.
Coorientadora: Flávia dos Santos Gomes.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos , 2023.

1. Polpa de juçara. 2. Spray drying. 3. Sorvete. 4.
Corante natural. 5. Compostos fenólicos. I. Cabral,
Lourdes Maria Corrêa, 1957-, orient. II. Gomes,
Flávia dos Santos, 1973-, coorient. III Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós
graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos . IV.
Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



TERMO Nº 813/2023 - PPGCTA (12.28.01.00.00.00.41)

Nº do Protocolo: 23083.046678/2023-66

Seropédica-RJ, 19 de julho de 2023.

PAULA MARINHO ROSA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/07/2023

LOURDES MARIA CORRÊA CABRAL, (Dra) EMBRAPA(orientador)
MARIA GABRIELA BELLO KOBLITZ, (Dra) UNIRIO
MARIA IVONE MARTINS JACINTHO BARBOSA, (Dra) UFRRJ

Documento não acessível publicamente

(Assinado digitalmente em 21/07/2023 10:19)
MARIA IVONE MARTINS JACINTHO BARBOSA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DTA (12.28.01.00.00.00.46)
Matrícula: ###243#8

(Assinado digitalmente em 31/07/2023 09:15)
MARIA GABRIELA BELLO KOBLITZ
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.577-##

(Assinado digitalmente em 20/07/2023 07:35)
LOURDES MARIA CORREA CABRAL
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.967-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **813**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **19/07/2023** e o código de verificação: **dbbc6534d3**

*Aos meus amados pais, Paulo e Elma, pela base que sempre me proporcionaram;
A minha irmã, Mylla, pela fé e otimismo, sustento na caminhada;
A minha sobrinha Olívia, pelo riso fácil e amor genuíno;
A minha sobrinha Estela, mesmo ainda na barriga, renova em mim os melhores sentimentos;
A minha saudosa tia Delma (in memoriam), pelo exemplo de zelo e bondade que jamais
esquecerei.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

O mestrado sempre foi um sonho desde os tempos da graduação em Nutrição. Esse sonho me fez bater em muitas portas que não se abriram. Mas, mesmo em meio as frustrações e promessas de “não tentar mais”, eu respirava e voltava a buscar. Ao longo desse processo fui compreendendo, ainda mais, que nada acontece no nosso tempo, mas sim no da permissão de Deus e quando acreditamos, acontece. Não imaginamos a potência que somos...

Então, o tempo de colher chegou. Em meio a grandes desafios de um contexto pandêmico e mudanças em diversos cenários, só posso dizer que evoluí numa dimensão que nunca imaginei. Os agradecimentos jamais caberiam aqui, mas vou tentar expressar da maneira mais genuína a gratidão imensa que transborda o meu coração...

É humanamente impossível dimensionar o quanto sou grata por tudo o que Deus me proporcionou viver nessa caminhada e todo o sustento que Ele foi para mim. A minha certeza maior é que não parei, porque Ele estava comigo. Não parei, porque Ele estava “no barco”. Não parei, porque Ele me acalmou “no barco”. Por isso, que Ele receba o meu coração com toda a gratidão que eu consigo expressar, e mesmo assim, ainda não seria o suficiente. Obrigada, Senhor! Pelo zelo, amor, proteção e fidelidade que me conduziram em todos os momentos até aqui.

Aos meus pais, por tamanha paciência e compreensão durante toda essa caminhada, cheia de momentos de estresses, angústias e ausências. Sem vocês eu não teria conseguido. À minha mãe, Elma, que, incansavelmente, sempre me mostrou, tanto por sua história de vida como através da partilha de conselhos, conversas e exemplos, que não haveria outro caminho a trilhar sem ser o da busca pelo conhecimento. Além de todo apoio, investimentos e auxílio das mais diversas formas. Você sempre foi força, oração, fé e amor. Ao meu pai, Paulo, pela calma e escuta que, talvez ele nem saiba, mas em muitos momentos me desacelerou para que eu respirasse. Esse título é nosso!

À minha irmã, Mylla, pelo otimismo e parceria em todos os momentos, os quais sempre me trazia uma palavra de encorajamento e fé, principalmente nos dias mais exaustivos, e me divertia através de mensagens descontraídas, com o intuito apenas de trazer leveza em meio ao caos. Ainda bem que tenho você comigo!

Às minhas sobrinhas, Olívia e Estela, por trazerem beleza durante esse tempo. À minha Lilivinha, que a 2 anos enche minha vida de alegria, amor e risadas tão gostosas. À Estela, ainda na barriga, por trazer renovo.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ser a porta que me permitiu bater e entrar. Aos professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos, agradeço pelo conhecimento e trocas compartilhadas, e por se reinventarem diante de tantas mudanças e incertezas acadêmicas vivenciadas em meio ao “novo normal”.

Às amigas Fernanda e Jéssica, pelo companheirismo nas disciplinas e trabalhos, dividindo além de vitórias, preocupações, choros e desesperos da rotina exaustiva da pós-graduação, a vida, que não espera para acontecer diante de uma agenda programada. Obrigada, amigas! Foi bom demais encontrar com vocês nesse caminho.

Às minhas orientadoras, Lourdes Cabral e Flávia Gomes, por serem canal de conhecimento e ciência, e abrirem as portas da Embrapa para mim, lugar que me construiu como pessoa, pesquisadora e profissional. Agradeço pela autonomia, paciência e oportunidades, que muito colaboraram para o meu desenvolvimento, proatividade e eficiência.

Às pesquisadoras Ana Carolina Chaves por todo aprendizado e assistência na parte do desenvolvimento do sorvete, e pelo olhar criterioso na correção da dissertação, e Renata Tonon, pelo apoio e discussões de resultados em relação a polpa em pó desenvolvida no projeto.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, por todo o suporte e estrutura para desenvolver esse projeto. Jamais vou esquecer dos dias que passei “nessa casa” tão rica de ciência e pessoas generosas. É impossível mensurar o tanto que aprendi nesse lugar.

Aos amigos que a Embrapa me deu enquanto dividia bancadas, equipamentos, espaços dos laboratórios, angústias, conhecimentos e pausas para o “cafezinho”, tão necessárias, principalmente, nos muitos dias *full time* de análises. Muito obrigada Welison, Gabi, André, Náatali, Flávia e Isabel. Vocês trouxeram leveza, força, boas risadas e trocas essenciais para a caminhada. Especialmente, ao amigo Welison, a melhor dupla que eu poderia ter encontrado, obrigada pela disponibilidade, força e amizade. Quebramos muito a cabeça juntos e a maior lição é que “vai dar muito errado, até dar certo” (rs).

Aos meus amados técnicos, Érika, Aninha e Agneli. Ainda bem que tive a oportunidade de encontrar esse trio tão comprometido, competente e de generosidade inexplicável. Eles foram incansáveis na condução das atividades realizadas nas Plantas, em tempos tão difíceis como os vividos na pandemia.

À amiga Érika, pela sabedoria, amizade, conversas, conselhos e bons momentos compartilhados. Feliz daquele que tem a chance de aprender com você. Muito obrigada por me acolher e pegar, literalmente, na minha mão, me transmitindo desde ensinamentos básicos

relacionados a rotina do laboratório aos mais complexos, que exigiram um olhar mais atento em cada análise e discussões riquíssimas. Você é gigante, minha amiga!

À Aninha, pela paciência e tranquilidade em partilhar todo o conhecimento acerca das análises de digestão *in vitro* (eita coisinha difícil rs). Obrigada pelo apoio e “escuta” diante dos momentos em que o desânimo bateu. Ao Agnelli, pela disponibilidade em ajudar sempre da melhor forma possível e tornar os dias de análises mais divertidos e descontraídos.

Aos Professores que participaram do Exame de Qualificação e da defesa desta dissertação, pelo aceite e contribuições valiosas que enriqueceram este trabalho.

À Secretaria Municipal de Educação de Mendes/RJ, da qual faço parte como servidora pública. Muito obrigada, em especial a equipe e gestão 2017-2020, por me apoiar e viabilizar o período necessário de afastamento em 2021. À minha Equipe de Divisão de Merenda Escolar, que me acolheu no retorno, sendo suporte e compreensão diante das minhas ausências e cansaço extremo, me fortalecendo em muitos momentos no enfrentamento de tempos tão difíceis.

À minha terapeuta Sandra Bollmann, por me ensinar, além de inúmeras questões importantíssimas a respeito de *mindset*, comportamentos e pensamentos, a de que em meio a um turbilhão de tarefas a cumprir, existe uma vida acontecendo dentro e fora da gente que merece ser vivida. No entanto, para isso é necessário se expor, verbalizar, priorizar, experienciar as oportunidades e vulnerabilidades da caminhada, sem jamais esquecer dos momentos de descanso e pausas. Obrigada, Sandra! Você foi essencial nessa trajetória.

A todos os meus familiares e amigos, que direta ou indiretamente, estiveram comigo seja torcendo, orando, abraçando, demonstrando afetos e transmitindo energia boa. Tem um pouco de vocês aqui também!

Muito obrigada!

Gratidão é a necessidade de refazer o caminho e encontrar aqueles que chutaram as pedras, para que a gente pudesse passar.

- Deive Leonardo

RESUMO

ROSA, Paula Marinho. **Avaliação do efeito da incorporação da polpa de juçara em pó em sorvete (base láctea) de frutas vermelhas sobre a bioacessibilidade e estabilidade de compostos fenólicos.** 2023. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

O fruto da palmeira juçara possui alta concentração de compostos fenólicos, como as antocianinas, o que torna esse fruto uma alternativa para obtenção de ingredientes naturais para a indústria alimentícia, agregando valor ao produto e saúde aos consumidores. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a polpa de juçara em pó como corante natural pela sua incorporação em sorvete de frutas vermelhas e determinar a bioacessibilidade dos compostos fenólicos, buscando identificar seu potencial como ingrediente funcional. Foram elaboradas três formulações de sorvete contendo 30% de concentrado de frutas vermelhas, sendo uma sem adição de polpa de juçara em pó (F0) e duas (F1 e F2) com 0,1 e 0,2% de polpa de juçara em pó. O teste sensorial com consumidores foi realizado por meio da aplicação de questionários online com imagens digitais das amostras dos sorvetes obtidas sob luz natural, quando foram apreciados os atributos cor, aparência geral e expectativa de aceitação por meio de uma escala hedônica estruturada de nove pontos. A formulação mais aceita foi analisada em relação às características físico-químicas, funcionais e tecnológicas do sorvete, perfil de compostos fenólicos e sua bioacessibilidade. A formulação F2 apresentou as maiores médias de aceitação com as notas 7,03 e 7,06 e 7,11 para cor, aspecto geral e expectativa de aceitação, respectivamente, estando entre as categorias “gostei moderadamente” e “gostei muito”. A adição da polpa em pó de juçara não afetou as características físico-químicas, o *overrun* e o derretimento do sorvete da formulação F2. No entanto, contribuiu para um aumento de 47% no teor de compostos fenólicos totais, 20% no teor de antocianinas monoméricas totais e 50% na capacidade antioxidante. No perfil de compostos fenólicos destacam-se o ácido elágico (71,23 mg/100g) e a cianidina-3-O-rutinosídeo (14,74 mg/100g), compostos em maior concentração no sorvete. Com relação à bioacessibilidade, constatou-se que os compostos fenólicos da F2 aumentaram após a digestão simulada *in vitro*, sendo os ácidos gálico, protocatéquico e 4-hidroxibenzoico os mais bioacessíveis e as antocianinas com os menores valores de bioacessibilidade. O armazenamento do sorvete por seis semanas a -18°C mostrou que a cor do produto foi afetada pelo tempo de armazenamento, tornando-se mais escura, no entanto a intensidade da cor e a coloração vermelho intenso foram preservadas ao longo do tempo, assim como os teores de antocianinas monoméricas totais. Após seis semanas de armazenamento, o sorvete ainda apresentava teores relevantes de antocianinas (10,53 mg de cianidina-3-glicosídeo/100 g), compostos fenólicos totais (106,50 mg de ácido gálico/100 g) e capacidade antioxidante (6,55 μ mol de Trolox /g). Os resultados obtidos indicaram que a polpa de juçara em pó pode ser uma alternativa como corante natural e como ingrediente funcional, contribuindo positivamente para a valorização da espécie.

Palavras chave: polpa de juçara; *spray drying*; sorvete; compostos fenólicos; antocianinas; bioacessibilidade.

ABSTRACT

ROSA, Paula Marinho. **Evaluation of the effect of incorporating powdered juçara pulp in red fruit ice cream (dairy base) on the bioaccessibility and stability of phenolic compounds.** 2023. 113p. Dissertation (Master in Food Science and Technology). Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

The fruits of the juçara palm have a high concentration of phenolic compounds, such as anthocyanins, which makes this fruit an alternative for obtaining natural ingredients for the food industry, adding value to the product and health to consumers. This work aimed to evaluate the powdered juçara pulp as a natural colourant by incorporating it into a red fruit ice cream and to determine the bioaccessibility of phenolic compounds, seeking to identify their potential as a functional ingredient. Three ice cream formulations containing 30% red fruit concentrate were prepared, one without the addition of powdered juçara pulp (F0) and two (F1 and F2) with 0.1 and 0.2% powdered juçara pulp. The sensory test was carried out through the application of online questionnaires with digital images of the ice cream samples obtained under natural light, when the attributes color, general appearance and acceptance expectation were evaluated through a structured nine-point hedonic scale. The most accepted formulation was analyzed in relation to the physical-chemical, functional and technological characteristics of the ice cream, profile of phenolic compounds and its bioaccessibility. Formulation F2 had the highest acceptance averages with scores of 7.03 and 7.06 and 7.11 for colour, general appearance and expectation of acceptance, respectively, being between the categories “I liked it moderately” and “I liked it a lot”. The addition of powdered juçara pulp did not affect the physico-chemical characteristics, overrun and ice cream melting of the F2 formulation. However, it contributed to an increase of 47% in the content of total phenolic compounds, 20% in the content of total monomeric anthocyanins and 50% in the antioxidant capacity. The phenolic compounds profile stood out the presence of ellagic acid (71.23 mg/100g) and cyanidin-3-O-rutinoside (14.74 mg/100g) in the ice cream. With regards to the bioaccessibility, it was found that the phenolic compounds of F2 increased after in vitro simulated digestion, with gallic, protocatechin and 4-hydroxybenzoic acids being the most bioaccessible and anthocyanins having the lowest bioaccessibility values. Ice cream storage for six weeks at -18°C showed that the colour of the product was affected by the storage time, becoming darker, however the colour intensity and the red colour intensity were preserved over time, as well as the total monomeric anthocyanin content. After six weeks of storage, the ice cream still had relevant levels of anthocyanins (10.53 mg of cyanidin-3-glucoside/100 g), total phenolic compounds (106.50 mg of gallic acid/100 g) and antioxidant capacity (6.55 µmol Trolox /g). The obtained results indicate that the powdered juçara pulp can be an alternative as natural colourant and as functional ingredient, contributing positively to the valorisation of the species.

Keywords: juçara pulp; *spray drying*; ice cream; phenolic compounds; anthocyanins; bioaccessibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química e cor das antocianinas mais comuns encontradas na natureza. ..	10
Figura 2. Diagrama esquemático das etapas do trabalho.	21
Figura 3. Centrifugação da polpa de juçara: (A) – Centrífuga de cestos utilizada no processo de centrifugação; (B) – Polpa centrifugada; (C) – Resíduo obtido após centrifugação (borra).	22
Figura 4. Pasteurização da polpa de juçara: (A) – Polpa em tacho aberto; (B) – Envase da polpa pasteurizada em embalagens de polietileno para prosseguir com o resfriamento em banho de gelo.	23
Figura 5. Teste preliminar de secagem: (A) – Spray dryer de escala laboratorial; (B) – Pó da polpa pasteurizada de juçara obtido por meio de secagem sem material de parede.....	24
Figura 6. Spray dryer piloto Niro.	25
Figura 7. Diagrama esquemático do processo de elaboração dos sorvetes.	31
Figura 8. Imagens digitais em luz natural das diferentes formulações do sorvete de frutas vermelhas do questionário online. F0 (à direita): formulação controle (sem adição de polpa de juçara em pó); F1 (no centro): formulação adicionada de 0,1% de polpa de juçara em pó; F2 (à esquerda): formulação adicionada de 0,2% de polpa de juçara em pó.....	33
Figura 9. Avaliação da higroscopicidade da polpa de juçara em pó ao longo do tempo.	53
Figura 10. Gráfico de dispersão do tamanho de partícula do pó de juçara obtido.	55
Figura 11. Frequência de consumo de sorvete dos participantes que preencheram o questionário online.	57
Figura 12. Mapa de correspondência associação entre as diferentes formulações e as imagens das frutas vermelhas. F0: formulação sem adição da polpa em pó de juçara (controle); F1: formulação com adição de 0,1% de polpa de juçara em pó; F2: formulação com adição de 0,2% de polpa de juçara em pó.	60
Figura 13. Teste de derretimento das formulações de sorvete F0 (sem a adição do pó de juçara) e F2 (com adição de 0,2% de pó).	64
Figura 14. Distribuição do total de compostos fenólicos antociânicos (■) e não antociânicos (■) nas formulações controle e com adição de polpa em pó de juçara.....	69
Figura 15. Distribuição das frações solúvel (■) e insolúvel (■) dos compostos fenólicos totais (A), não antociânicos (B) e antociânicos (C) das formulações F0 e F2.	71
Figura 16. Variação de cor (ΔE) do sorvete elaborado com polpa com 0,2% de polpa de juçara em pó durante o armazenamento.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química da polpa de juçara	5
Tabela 2. Classificação dos compostos fenólicos encontrados em plantas	7
Tabela 3. Composição físico-química da polpa de juçara integral, centrifugada e pasteurizada	37
Tabela 4. O perfil de compostos fenólicos solúveis e insolúveis (mg/100g base seca) da polpa de juçara e suas frações processadas.	42
Tabela 5. Compostos bioativos e capacidade antioxidante da polpa de juçara pasteurizada, do pó e a retenção de compostos bioativos.....	47
Tabela 6. Compostos fenólicos antociânicos e não-antociânicos da polpa pasteurizada e em pó, e a retenção de compostos bioativos por HPLC.	49
Tabela 7. Propriedades físicas da polpa de juçara em pó.	50
Tabela 8. Perfil sócio demográfico dos participantes que responderam ao questionário online.	57
Tabela 9. Notas médias de aceitação sensorial para cor, aparência geral e expectativa do consumidor das formulações de sorvetes de frutas vermelhas com diferentes teores de polpa em pó de juçara.....	58
Tabela 10. Índices de aceitação das formulações de sorvetes de frutas vermelhas controle e da F2 que foi escolhida.....	59
Tabela 11. Determinação de pH, acidez total e sólidos solúveis das formulações F0 e F2. ...	61
Tabela 12. Composição centesimal da formulação do sorvete com adição de 0,2% de polpa em pó de juçara (F2).....	62
Tabela 13. Coordenadas de cor instrumental das formulações de sorvetes F0 e F2.	62
Tabela 14. Compostos fenólicos totais, antocianinas monoméricas e capacidade antioxidante por ABTS+ nas formulações sem e com adição de polpa de juçara em pó.....	65
Tabela 15. Teores de compostos fenólicos na formulação controle (F0) e na formulação com polpa em pó de juçara (F2).....	69
Tabela 16. Bioacessibilidade in vitro dos compostos fenólicos da F2.	72
Tabela 17. Coordenadas de cor, antocianinas, teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante (ABTS) do sorvete de frutas vermelhas com 0,2% de polpa de juçara em pó durante o armazenamento.	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1	Juçara.....	3
3.1.1	Aspectos gerais	3
3.1.2	Composição química	5
3.2	Compostos Fenólicos	6
3.3	Antocianinas.....	8
3.4	Secagem por <i>Spray Drying</i>	11
3.5	Aplicação tecnológica de polpa de fruta em pó	12
3.6	Corantes sintéticos x corantes naturais.....	13
3.7	Sorvete: definição, mercado e qualidade.....	15
3.8	Digestão <i>in vitro</i>	16
3.8.1	Digestão e absorção das antocianinas.....	17
3.8.2	Fatores que interferem na bioacessibilidade das antocianinas.....	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Material	20
4.1.1	Matéria-prima	20
4.1.2	Outros	20
4.2	Métodos.....	20
4.2.1	Processamento da matéria-prima.....	22
a)	Centrifugação	22
b)	Pasteurização	23
c)	Teste preliminar de secagem em <i>spray dryer</i> de escala laboratorial	23
d)	Secagem por <i>spray dryer</i> – escala piloto	24
4.2.2	Análises físico-químicas.....	25
a)	Composição centesimal	26
b)	Determinação de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis e sólidos totais	26
c)	Compostos fenólicos totais	26
d)	Antocianinas monoméricas totais	26
e)	Capacidade antioxidante	26
f)	Perfil de ácidos fenólicos e flavonoides não antociânicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE-DAD)	27

g) Identificação e quantificação das antocianinas monoméricas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE-DAD)	27
h) Atividade de água (A _a)	28
i) Densidade e porosidade	28
j) Higroscopicidade	28
k) Distribuição do tamanho de partícula	29
l) Cor instrumental	29
4.2.3 Processamento dos sorvetes de frutas vermelhas com adição de polpa de juçara em pó como corante natural.....	29
a) Elaboração do preparado de frutas vermelhas.....	29
b) Aplicação de diferentes concentrações de polpa de juçara atomizada em sorvete de frutas vermelhas.....	30
4.2.4 Avaliação sensorial da expectativa do consumidor para a determinação do teor ideal de polpa de juçara em pó em sorvete de frutas vermelhas como corante natural.....	31
4.2.5 Caracterização da formulação mais aceita em relação aos parâmetros físico-químicos, funcionais e tecnológicos do sorvete	33
a) Análises físico-químicas	33
b) Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante	33
c) Antocianinas monoméricas totais	34
d) <i>Overrun</i>	34
e) Teste de derretimento	35
f) Análise instrumental de cor	35
4.2.6 Digestão gastrointestinal simulada <i>in vitro</i>	35
4.2.7 Avaliação da estabilidade ao longo do armazenamento	36
4.2.8 Análise dos dados	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1 Processamento da matéria-prima e caracterização das frações obtidas.....	37
5.1.1 Compostos fenólicos e capacidade antioxidante	39
5.1.2 Perfil de compostos fenólicos (antociânicos e não-antociânicos) por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE-DAD).....	41
5.2 Secagem da polpa de juçara	45
5.2.1 Teste preliminar de secagem em <i>spray dryer</i> de escala laboratorial	45
5.2.2 Secagem em <i>spray dryer</i> de escala piloto.....	46

5.2.3	Compostos fenólicos e capacidade antioxidante	47
5.2.4	Propriedades físicas do pó	50
5.3	Aplicação do ingrediente em pó em sorvete de frutas vermelhas	56
5.3.1	Análise de expectativa do consumidor para a determinação do teor ideal de polpa de juçara em pó em sorvete de frutas vermelhas como corante natural	56
5.3.2	Caracterização físico-química do sorvete elaborado com 0,2% de polpa de juçara em pó.....	60
5.3.3	Cor instrumental	62
5.3.4	<i>Overrun</i> e teste de derretimento	63
5.3.5	Compostos fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante	65
5.3.6	Perfil e teor de compostos fenólicos por HPLC	66
5.3.7	Digestão simulada <i>in vitro</i>	71
5.3.8	Estabilidade do sorvete elaborado com polpa de juçara em pó	76
6	CONCLUSÃO.....	81
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países de grande destaque no cenário mundial pela sua biodiversidade e posição geográfica privilegiada possibilitando o cultivo das mais inúmeras espécies frutíferas (DOS SANTOS *et al.*, 2018).

Euterpe Edulis Martius, popularmente conhecida como juçara, palmeira juçara, palmito juçara ou palmito é uma planta pertencente à família *Arecaceae*, símbolo da Mata Atlântica Brasileira, tanto pela sua importância econômica quanto pelo valor cultural e interesse ecológico. Apresenta ampla distribuição geográfica compreendendo principalmente os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Bahia (GUIMARÃES; SOUZA, 2017; SCHULZ *et al.*, 2016).

A palmeira juçara produz um tipo nobre de palmito com qualidade e sabor superiores aos de outras espécies de *Euterpe*. O palmito, amplamente consumido como alimento, possui grande importância econômica no Brasil, resultado de uma exploração intensa nas últimas décadas. No entanto, para a extração do palmito há o corte da palmeira gerando uma exploração desordenada e ilegal da espécie. Isso reduziu drasticamente a distribuição da palmeira juçara em suas áreas originais (PEREIRA, 2020; PIZO; VIEIRA, 2004).

De acordo com a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção (BRASIL, 2014a) a espécie *Euterpe Edulis Mart.* está enquadrada na categoria vulnerável (VU), ou seja, considera-se que a espécie se encontre em risco alto de extinção, provavelmente devido ao extrativismo indiscriminado. No entanto, é permitido o manejo sustentável, o que aumenta o interesse de exploração do fruto, como uma alternativa de preservação da espécie (BORGES *et al.*, 2013; MULER *et al.*, 2014).

A juçara é considerada uma “super fruta” pelo seu alto valor nutricional, elevada atividade antioxidante, importante fonte de energia e pelos componentes que estimulam o sistema imunológico e o antienvhecimento. Sua atividade biológica é atribuída principalmente aos fitoquímicos presentes na sua composição (DA SILVA CAMPELO BORGES *et al.*, 2011; FAVARO *et al.*, 2018; SCHULZ *et al.*, 2015). A alta concentração de compostos fenólicos como os ácidos fenólicos, antocianinas e outros flavonoides, confere a juçara uma posição de destaque, por contribuir para redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; CARDOSO *et al.*, 2015).

O fruto juçara é normalmente processado e consumido na forma de polpa, bebidas, doces, geleias, sorvetes, entre outros (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; FELZENSZWALB *et al.*, 2013). O elevado teor de antocianinas, um grupo de fitoquímicos solúveis em água, pertencente à família dos flavonoides, e responsável por conferir a pigmentação ao fruto, o torna um potencial corante natural para a indústria de alimentos, uma alternativa aos corantes sintéticos, atendendo assim a uma demanda atual dos consumidores preocupados com a saúde e os efeitos deletérios causados pelos corantes artificiais, particularmente em funções neurológicas, respiratórias e comportamentais (KHOO *et al.*, 2017; SIGURDSON; TANG; GIUSTI, 2017).

O fruto e a polpa da juçara são altamente perecíveis em temperatura ambiente, devido ao seu alto teor de umidade e valor de pH. Essa degradação pode ser favorecida pelos métodos de processamento, conservação e armazenamento utilizados, que aumentam a ocorrência de reações químicas e enzimáticas, levando à deterioração do produto e a degradação das antocianinas, compostos bastante instáveis (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; PEREIRA *et al.*, 2020; PEREIRA, 2020).

Uma alternativa para conferir maior estabilidade química a esses compostos é o processo de secagem por *spray dryer*, uma técnica rápida, contínua, econômica, além de não expor o produto à temperatura elevada por muito tempo, reduzindo as possíveis degradações e perdas nutricionais. Além disso, a produção de polpa de fruta em pó por *spray dryer* apresenta vantagens e facilidades nas etapas de manuseio, embalagem e transporte em relação a fruta *in natura*, resultando em um produto final de elevada qualidade com vida útil prolongada (SANTANA *et al.*, 2016; TONON, 2009).

Pereira *et al.* (2020), avaliaram a viabilidade técnica do processo de obtenção de polpa de juçara em pó por meio da secagem por *spray dryer*, sem adição de agentes carreadores, que pode ser utilizada na indústria de alimentos como um ingrediente de enriquecimento em produtos alimentícios.

Considera-se que a incorporação de antocianinas em matrizes alimentares pode ser uma maneira eficaz de protegê-las da degradação, pois as composições e estruturas dessas matrizes podem influenciar durante o processo de digestão desses compostos (PINEDA-VADILLO *et al.*, 2017).

A liberação das antocianinas a partir de matrizes alimentares e a estabilidade das mesmas ao longo do trato gastrointestinal estão associadas à bioacessibilidade após o processo digestivo. E podem ser observadas e quantificadas por métodos *in vitro*, sendo possível

verificar o quanto é degradado ao longo do processo (GUERGOLETTO *et al.*, 2016; TAGLIAZUCCHI *et al.*, 2010).

Neste contexto, o presente trabalho apresenta o estudo da aplicação da polpa de juçara em pó em um sorvete base láctea de frutas vermelhas, a fim de avaliar os efeitos sobre a bioacessibilidade dos compostos fenólicos, estabilidade e cor do produto elaborado, que representa uma oportunidade para a indústria de alimentos desenvolver produtos inovadores e de alto valor agregado, contribuindo para a promoção da saúde humana, mediante a substituição de aditivos e corantes artificiais pelos naturais, já que, atualmente, o consumidor está cada vez mais preocupado com a saúde e bem-estar, priorizando assim o consumo de alimentos saudáveis.

O trabalho contribui também para a sustentabilidade ambiental da palmeira juçara, no que tange a sua utilização na alimentação humana, a fim de colaborar para sua popularização, produção e a exploração sustentável do fruto no país. Essa estratégia agrega valor ao fruto e proporciona conhecimentos acerca das possibilidades de sua utilização, e dos efeitos biológicos e benéficos a saúde.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a aplicabilidade da polpa de juçara em pó como ingrediente funcional na formulação de um sorvete base láctea de frutas vermelhas.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a potencialidade da polpa de juçara em pó como corante natural;
- Avaliar o potencial funcional da polpa de juçara por meio da avaliação da bioacessibilidade dos compostos fenólicos no sorvete elaborado;
- Avaliar a estabilidade do sorvete elaborado ao longo do armazenamento em relação a cor e as suas características químicas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Juçara

3.1.1 Aspectos gerais

A palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) é uma árvore típica de linhagem única originária da Mata Atlântica Brasileira, encontrada predominantemente nos estados das regiões Sul e Sudeste, bem como nas matas ciliares de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Paraná. O gênero *Euterpe* apresenta cerca de 28 espécies, distribuídas nas Antilhas à

América do Sul, especialmente em regiões com florestas tropicais. No Brasil, das cinco espécies encontradas, *Euterpe edulis* Martius está entre as mais frequentes (LORENZI, 2010; REIS; REIS, 2000).

Esta árvore de caule único é incapaz de produzir perfilhos e pode atingir de 5 a 12 metros de altura e de 5 a 15 cm de diâmetro (LORENZI, 2010). Ocorre em diferentes condições climáticas com variação de temperatura média anual entre 17° e 26°C, preferindo terrenos sombreados e solos mais úmidos (DOS SANTOS; JÚNIOR; NEVES, 2008). Apresenta ciclo longo e frutifica por um longo período durante o ano, o que varia conforme a região e a altitude (FADDEN *et al.*, 2008). Cada cacho da palmeira produz de 3 a 5 Kg de frutos e cada quilograma corresponde aproximadamente a 750 unidades de frutos (LORENZI, 2010).

A juçara se destaca mundialmente pela semelhança com o açaí que já tem grande destaque internacional. É uma fruta esférica, de polpa fina e fibro-carnosa, com cor que evolui do verde ao roxo escuro, quase preto durante o processo de maturação. Tem uma semente marrom claro que representa cerca de 90% do diâmetro do fruto (1 a 2 cm) e até 90% da massa (0,7 a 1,9 g). As sementes são cobertas por uma casca negra e brilhante (SCHULZ *et al.*, 2016).

Quando comparada a extração do palmito, a utilização da juçara é bastante recente, tendo um papel fundamental não apenas para o manejo sustentável da palmeira e do bioma Mata Atlântica, como também é uma forma de garantir renda para a agroindústria familiar local (GARCIA *et al.*, 2019). De acordo com a CONAB (2019), os dados a respeito da produção e exportação dos frutos são escassos e os mais recentes são de 2012, ano que foram produzidas 193 toneladas, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor brasileiro.

Segundo Bicudo *et al.*, 2014 e Yamaguchi *et al.*, 2015, os frutos originários das palmeiras dos gêneros *Euterpe*, como a juçara e o açaí, não são consumidos *in natura* devido a pequena proporção de polpa dessas frutas. Por isso, é necessário que esses frutos sejam processados, passem pelo despulpamento para serem consumidos, comercializados e transformados em diferentes produtos.

Devido ao grande potencial na alimentação humana, a produção da polpa de juçara tem despertado interesse da comunidade científica pela possibilidade de ser um ingrediente funcional para produção de diferentes produtos, tais como sucos, bebidas, geleias, sorvetes, iogurtes, entre outros. Considerando ainda, a questão da exploração ambientalmente justa e economicamente viável da palmeira afim de preservar a biodiversidade, levando em conta os aspectos ecológicos e socioeconômicos (SCHULZ *et al.*, 2016).

3.1.2 Composição química

A composição química da juçara já foi descrita em muitos estudos atribuindo à polpa importantes propriedades nutricionais para a saúde humana. (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; CARDOSO *et al.*, 2015; BORGES *et al.*, 2011; INADA *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2017). A Tabela 1 apresenta a composição química da polpa de juçara.

Tabela 1. Composição química da polpa de juçara

Componente	Média ± DV
Umidade (%)	79,59 ± 0,08
Proteínas (%)	4,49 ± 0,05
Lipídeos (%)	19,59 ± 0,12
Cinzas (%)	1,03 ± 0,01
Carboidratos (%)	4,62 ± 1,46
Acidez total (g de ácido cítrico /100g)	3,20 ± 0,56
pH	4,99 ± 0,07
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,15 ± 0,21
Vitamina C (mg vitamina c/100g)	30,59 ± 0,98
Antocianinas (mg/g)	8,35 ± 0,36

*Valores expressos em base úmida

Fonte: SANTANA; OLIVEIRA; TELIS (2016)

Apresenta reduzido teor de carboidratos, açúcares e ácidos orgânicos; elevado nível de lipídeos, principalmente de ácidos graxos insaturados; além de ser rica em energia, fibras, minerais essenciais como zinco, potássio, cálcio, magnésio, manganês e ferro; e em compostos fenólicos como as antocianinas.

Em comparação com o palmito, o fruto da palmeira juçara apresenta melhor composição nutricional, principalmente em relação aos compostos fenólicos (PEREIRA, 2020). Além disso, merece destaque o alto teor de fibras e o valor calórico da polpa de juçara, que em uma porção de 100 g contem cerca de 28,3g de fibras e 400 Kcal. No entanto, fatores relativos ao solo, clima, temperatura, luz solar, precipitação do local geográfico onde a palmeira é cultivada e a forma de processamento dos frutos podem resultar em diferenças na composição química da polpa (SILVA *et al.*, 2014).

De acordo com Inácio *et al.* (2013); Pereira (2017); Schulz *et al.* (2016); Siqueira *et al.* (2018), quando comparada ao açaí, os frutos tem características semelhantes, a juçara apresenta maior quantidade de compostos bioativos, tais como as antocianinas, os flavonoides não antociânicos e os ácidos fenólicos.

Os ácidos fenólicos que estão presentes em quantidades significativas na juçara são: ácido ferúlico, ácido gálico, ácido protocatecuico, ácido *p*-cumárico e flavonóides, especialmente quercetina e rutina. Os efeitos antioxidantes são atribuídos devido à variedade desses compostos, associados aos diferentes benefícios à saúde (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; BORGES *et al.*, 2013; GUERGOLETTTO *et al.*, 2016; SCHULZ *et al.*, 2015).

3.2 Compostos Fenólicos

Aproximadamente 200 mil metabólitos naturais de plantas já foram isolados e identificados em todo o planeta. Eles são divididos em dois grupos: metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários, como ácidos graxos, proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos, são essenciais para a manutenção das células. Já os secundários, são divididos em três grupos principais: compostos fenólicos, terpenóides e alcalóides, que desempenham papel importante no crescimento, reprodução e defesa das plantas, protegendo-as contra patógenos, predadores, oxidantes e radiação ultravioleta (CHIKEZIE; IBEGBULEM; MBAGWU, 2015).

Os metabólitos secundários mais encontrados em plantas são os compostos fenólicos. Considerados como os antioxidantes de maior relevância na dieta humana, eles contribuem para a cor e características sensoriais importantes em vegetais e frutas. A diversidade estrutural que esses compostos apresentam é caracterizada pela presença de um ou mais grupos de hidroxilas ligados a anéis aromáticos, que conferem diferentes mecanismos de ação correlacionados as suas propriedades antioxidantes (VUOLO; LIMA; MARÓSTICA JUNIOR, 2019).

Os compostos fenólicos estão frequentemente associados à redução do índice de doenças crônicas não transmissíveis causadas pelo estresse oxidativo, como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares (CARBONELL-CAPELLA *et al.*, 2014; GUTIÉRREZ-GRIJALVA *et al.*, 2016), por atuarem principalmente na eliminação de espécies reativas de oxigênio, nitrogênio e cloro, e também por agir como quelante de íons metálicos, tendo importante papel tanto na fase de iniciação quanto na de propagação do processo oxidativo (VUOLO; LIMA; MARÓSTICA JUNIOR, 2019).

Atualmente, mais de 8.000 estruturas de compostos fenólicos são conhecidas. Eles podem ser categorizados em várias classes, de acordo com sua estrutura. A Tabela 2 apresenta a estrutura e classificação dos compostos fenólicos encontrados em plantas.

Tabela 2. Classificação dos compostos fenólicos encontrados em plantas

Classes	Estrutura
Fenólicos, benzoquinonas	C6
Ácidos hidroxibenzoicos	C6 – C1
Ácidos hidroxicinâmicos, fenilpropanóides	C6 – C3
Acetofenonas, ácidos fenilacéticos	C6 – C2
Xantonas	C6 – C1 – C6
Estilbenos, antraquinonas	C6 – C2 – C6
Flavonóides, isoflavonóides	C6 – C3 – C6
Lignanas, neolignanas	(C6 – C3) ₂
Ligninas	(C6 – C3) _n
Taninos condensados (proantocianidinas ou flavolanos)	(C6 – C3 – C6) _n

Fonte: VUOLO; LIMA; MARÓSTICA JUNIOR (2019)

A juçara é rica em compostos bioativos, dos quais se destacam uma variedade de compostos fenólicos que estão associados ao potencial antioxidante e a bioatividade do fruto, além dos efeitos na saúde humana (NILE; PARK, 2014; SCHULZ *et al.*, 2016).

Pereira *et al.* (2020), desidrataram a polpa de juçara por *spray dryer* sem adição de agente carreador, determinaram os teores de compostos fenólicos totais nas polpas de juçara filtrada e em pó (15,815 mg GAE/100 g e 14,305 mg GAE/100g em base seca, respectivamente) e identificaram cianidina-3-glicosídeo, cianidina-3-rutinósido, ácido protocatecuico, ácido 4-hidroxibenzóico, catequina, ácido vanílico, epicatequina, ácido ferúlico, rutina e luteolina como sendo os principais compostos fenólicos encontrados nas polpas por meio da cromatografia líquida de alta eficiência.

Silva *et al.* (2014) identificaram e quantificaram, por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a fotodiodo e detectores de espectrometria de massa (HPLC-DAD -MS), os carotenoides e os compostos fenólicos das polpas de quatro frutos nativos da Mata Atlântica (grumixama, juçara, araçá e uvaia). Eles relataram que a polpa de juçara apresentou os maiores teores de compostos fenólicos (415 mg GAE/100g) em comparação aos outros frutos estudados, sendo particularmente rica nas antocianinas com 179,60 mg/100 g de cianidina 3-rutinosídeo e 47,93 mg/100g de cianidina 3-glicosídeo.

Inada *et al.* (2015) investigaram o perfil fenólico das diferentes frações (casca, caroço e polpa) de jabuticaba e juçara. A polpa de juçara apresentou os maiores teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante em comparação com a de jabuticaba, no entanto, o resíduo do despulpamento da jabuticaba apresentou elevados teores de compostos fenólicos e elevada

capacidade antioxidante. O teor de compostos fenólicos totais encontrado na polpa de juçara foi de 1783 mg/100g em base seca. Foram identificados e quantificados onze compostos fenólicos, sendo três derivados do ácido hidroxibenzóico (ácido gálico, 4-hidroxibenzóico e 3,4-di-hidroxibenzóico), quatro derivados do ácido hidroxicinâmico (ácidos m-cumárico, p-cumárico, ferúlico e trans-cinâmico), dois derivados do ácido hidroxifenilacético (ácidos 4-hidroxifenilacético e 3,4-di-hidroxifenilacético) e duas antocianinas (cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinósideo), relatado como os fenólicos mais abundantes. Pela primeira vez foram observados na polpa de juçara os seguintes compostos fenólicos: m-cumárico, trans-cinâmico, 4-hidroxifenilacético e ácido 3,4-di-hidroxifenilacético.

Estudos realizados por Bicudo *et al.* (2014); Borges *et al.* (2011); de Brito *et al.* (2007) também identificaram compostos fenólicos na polpa de juçara, dentre eles: oito antocianinas, três flavanóis, quatro flavonóis, sete flavonas, três ácidos hidroxibenzóico e três ácidos hidroxicinâmicos.

Desta forma, a juçara apresenta importantes compostos fenólicos, sendo majoritariamente as antocianinas, o que a torna valiosa para a indústria alimentícia e farmacêutica, tendo em vista as possibilidades de aplicação (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014).

3.3 Antocianinas

As antocianinas são pigmentos vegetais solúveis em água e com base em sua estrutura química, que inclui aspectos referentes a natureza, posição e número de porções de açúcares anexadas, além da quantidade de grupos hidroxilas e de acilação entre açúcares e ácidos, cerca de 635 diferentes formas já foram identificadas a partir de plantas (SIVAMARUTHI; KESIKA; CHAIYASUT, 2020).

De acordo com Wallace e Giusti (2019), elas representam o maior grupo de pigmentos polifenólicos do reino vegetal pertencente à família dos flavonoides, sendo conhecidas como antocianidinas, que fornecem os tons de vermelho a azul-violeta a muitas folhas, flores, vegetais e frutas. Apresentam propriedades antioxidantes importantes à saúde e vem sendo vigorosamente estudadas como uma alternativa aos corantes alimentares sintéticos utilizados na indústria de alimentos.

As groselhas, uvas e algumas frutas tropicais têm alta concentração de antocianinas, assim como os vegetais folhosos, grãos, raízes e tubérculos de cores vermelha a arroxeada. Em condições ácidas, são vermelho, mas ficam azuis quando o pH aumenta (KHOO *et al.*, 2017).

As antocianidinas normalmente apresentam uma ou mais porções de açúcares comumente conjugada ao grupo C3 hidroxila no anel C, tornando-os glicosídeos. Com exceção das 3-desoxianocianina, as antocianinas existem quase exclusivamente na forma glicosilada, sendo as mais difundidas em frutas na posição 3-OH (3-O-monoglicosídeos) e, nas posições 3-OH e 5-OH (3,5-O-diglicosídeos) em menor distribuição (FERNANDES *et al.*, 2014; WALLACE; GIUSTI, 2019).

Dentre as antocianinas identificadas até o momento, seis delas são mais difundidas: cianidina, pelargonidina, delphinidina, petunidina, peonidina e malvidina. Os maiores teores de cianidina, peonidina e pelargonidina encontrado nas frutas parecem apresentar efeito anti-inflamatório mais efetivo em comparação com outras formas de antocianinas. A glicose, galactose, arabinose, rutinose, ramnose e xilose são os açúcares mais comuns ligados a elas na forma de mono, di ou trissacarídeos (FANG, 2014; ROCKETT *et al.*, 2021).

Na natureza a principal antocianina é a cianidina-3-glicosídeo encontrada predominantemente em frutos e vegetais vermelhos, pois aparece na forma de um pigmento vermelho-púrpura, semelhante à cor magenta. A pelargonidina aparece livremente na forma de um pigmento vermelho, mas confere às flores uma tonalidade alaranjada e aos frutos uma cor vermelha. A delphinidina aparece como um pigmento azul-avermelhado ou roxo na planta, levando à cor azul das flores. Petunidina é uma antocianina metilada solúvel em água, de pigmento vermelho escuro ou roxo, que é frequentemente encontrada em groselhas e flores roxas. A peonidina é outra antocianina metilada, que aparece na forma de um pigmento magenta, também encontrado abundantemente em uvas e vinhos tintos. A malvidina aparece como um pigmento roxo, e determina a cor azul de certas flores, sendo o pigmento principal encontrado nos vinhos tintos (KHOO *et al.*, 2017).

Assim, as antocianinas cianidina, pelargonidina e delphinidina são frequentemente encontradas nos frutos, enquanto nas flores as antocianinas predominantes são peonidina, petunidina e malvidina (MORATA *et al.*, 2019). A Figura 1 mostra as variações de cor das antocianinas mais comuns encontradas na natureza.



Figura 1. Estrutura química e cor das antocianinas mais comuns encontradas na natureza.

Fonte: ENARU *et al.* (2021).

Rockett *et al.* (2021), ao realizarem um estudo para determinar a capacidade antioxidante e identificar os compostos bioativos de sete frutas nativas brasileiras, observaram que entre as frutas analisadas, a juçara se destacou por sua capacidade antioxidante e seu teor de antocianinas, sendo a cianidina 3-glicosídeo e a cianidina 3-rutinosídeo as mais abundantes no fruto.

Esses resultados foram corroborados por Inada *et al.* (2015); Pereira *et al.* (2020); Silva *et al.* (2014) ao avaliarem o conteúdo de antocianinas totais na polpa de juçara, observaram teores significativos em comparação as polpas de outros frutos, e identificaram as formas cianidina 3-glicosídeo e a cianidina 3-rutinosídeo como as antocianinas predominantes na polpa de juçara.

O consumo de alimentos ricos em antocianinas tem sido correlacionado principalmente à redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e obesidade. Estudos realizados com cultura de células, em modelos animais e testes clínicos em humanos, tem demonstrado que as antocianinas possuem atividades antioxidantes e antimicrobianas nas quais melhoram também a saúde visual e neurológica. Desta forma, os efeitos sobre a saúde envolvem diferentes mecanismos e vias, incluindo a via de eliminação de radicais livres, a via da ciclooxigenase, a via da proteína quinase ativada por mitógeno e a sinalização de citocinas inflamatórias (FANG, 2014; KHOO *et al.*, 2017; PRASAIN; BARNES, 2020).

No entanto, fatores como pH, solvente, temperatura e outras condições ambientais afetam intensamente a estabilidade da cor e as propriedades das antocianinas. Além disso, o tempo de permanência insuficiente das antocianinas no trato digestivo superior pode causar absorção parcial (TARONE; CAZARIN; MAROSTICA JUNIOR, 2020).

Segundo Schulz *et al.* (2017), ao determinarem os teores de minerais e fenólicos, e também a capacidade antioxidante do fruto juçara antes e após a digestão gastrointestinal *in vitro*, constataram que o conteúdo de minerais, compostos fenólicos e a capacidade antioxidante foi estatisticamente menor após a digestão gastrointestinal em relação ao teor inicial.

Nesse contexto, há necessidade de estudos relacionados a novas forma de processamento que proporcionem a degradação mínima desses compostos.

3.4 Secagem por *Spray Drying*

As frutas e alguns produtos oriundos delas possuem alto teor de umidade, sendo consideradas como alimentos altamente perecíveis que exigem métodos de conservação e processamento, como processos de secagem por *spray drying*, a fim de reduzir as perdas pós-colheita, evitar as reações de degradação, contribuir para a concentração de nutrientes, além de possibilitar a disponibilidade ao longo do ano (JAFARI; GHALEGI GHALENOEI; DEHNAD, 2017).

A secagem por atomização ou *spray drying* iniciou na metade do século XVIII, quando a primeira operação de secagem de ovos foi patenteada. No entanto, somente na década de 20 foi utilizada em escala industrial. Os primeiros produtos obtidos em larga escala por *spray drying* foram o leite e o sabão em pó. A partir de então, disseminou-se pela indústria de processos em geral, sendo hoje, especialmente aplicado para a secagem de produtos alimentícios e farmacêuticos (TONON, 2009).

Essa técnica consiste basicamente na atomização do líquido em um compartimento que recebe um fluxo de ar quente, de modo que ocorra a rápida evaporação da água, o que permite manter baixa a temperatura das partículas. Desta forma, esta técnica permite a secagem de produtos sensíveis ao calor, sem afetar demasiadamente sua qualidade (RÉ, 1995).

A secagem por *spray drying* tem sido usada na indústria alimentícia desde o final dos anos de 1950. É uma técnica econômica, flexível, contínua e produz partículas de boa qualidade, normalmente usada para a preparação de ingredientes e aditivos alimentares secos e estáveis (DESAI; PARK, 2005). Os produtos produzidos apresentam as seguintes vantagens: baixa atividade de água, facilidade para transporte e armazenamento, e por isso tem sido bastante utilizada na produção de sucos e polpas de fruta em pó (QUEK, CHOK E SWEDLUND, 2007; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005; ABADIO *et al.*, 2004; DIB TAXI *et al.*, 2003). No entanto, o pó obtido pode apresentar algumas desvantagens, como adesividade, alta higroscopicidade e

baixa solubilidade, além das perdas ocasionadas pela adesão das gotículas às paredes da câmara de secagem.

Para evitar a ocorrência dessas desvantagens é necessário a adição de material de parede (agente encapsulante ou carreadores), como polímeros e gomas, ao produto antes de ser atomizado, a fim de aumentar a temperatura de transição vítrea, facilitando a secagem e as operações de transporte e armazenamento. Há uma ampla variedade de materiais de parede para aplicação em alimentos, dentre os mais comuns usados para sucos de frutas são: goma arábica e maltodextrina, devido à alta massa e elevada temperatura de transição vítrea (PHISUT, 2012).

Entretanto, a adição desses agentes pode possibilitar a diluição do teor de compostos bioativos, redução da capacidade antioxidante e a mudança de cor. Desse modo, para adição de agentes carreadores é necessário levar em consideração as características finais do produto, as características físicas e químicas do líquido atomizado, o tipo e mecanismo de funcionamento do atomizador e as características do ar de secagem (TONON; BRABET; HUBINGER, 2008), além das características físicas e químicas da polpa de fruta utilizada (PEREIRA *et al.*, 2020).

De acordo com o estudo realizado por Pereira (2020), a atomização sem a adição de agentes carreadores pode aumentar a estabilidade da polpa de juçara, minimizar as variáveis e o custo do processo de atomização. Sendo assim, produzir a polpa de juçara em pó sem adição de agentes carreadores caracteriza-se como uma alternativa eficaz para o desenvolvimento de um corante natural, podendo ainda ser usado como ingrediente potencialmente funcional em diferentes produtos alimentícios.

3.5 Aplicação tecnológica de polpa de fruta em pó

O desenvolvimento de tecnologias acessíveis e o emprego de novos processos para a produção de pós a partir de polpa de frutas configura uma alternativa de maior aproveitamento da matéria-prima, além de possibilidades de aumento de renda da cadeia produtiva das agroindústrias regionais. Nesse contexto, é disponibilizado um produto de alto valor agregado e vida útil prolongada, que atende às demandas do atual mercado de alimentos cada vez mais preocupado com uma alimentação mais saudável (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021a).

Além disso, a boa aceitação desses produtos por maior parte dos consumidores, que atualmente buscam praticidade, rapidez, segurança e saudabilidade, vem contribuindo cada vez mais para a introdução de novos produtos em pó a partir de frutas e sua aplicação em diferentes matrizes de alimentos, ganhando espaço nas pesquisas científicas (SILVA *et al.*, 2015).

De acordo com Salehi (2020), em um estudo de revisão a respeito de aplicações recentes de pó de frutas e hortaliças em biscoitos, constatou-se que esses produtos podem ter a função de corantes naturais, além de enriquecer o produto com vitaminas, minerais, proteínas, fibras e/ou polifenóis, melhorando assim o perfil nutricional. No entanto, algumas propriedades sensoriais e tecnológicas podem ficar prejudicadas, e portanto, devem ser avaliadas.

Pereira *et al.* (2020) verificaram que a atomização da polpa filtrada de juçara sem adição de agente carreador produziu um pó com rendimento relativamente alto, rico em antocianinas, com conteúdo fenólico e capacidade antioxidante satisfatoriamente preservadas após a secagem, bem como solubilidade, densidade aparente e morfologia, mostrando potencial para ser utilizado como corante natural ou antioxidante em produtos alimentícios.

Ao desenvolver um corante alimentar natural utilizando a microencapsulação por *spray dryer*, Lacerda *et al.* (2016) obtiveram micropartículas de cor atraente, estáveis e ricas em antocianinas, da polpa de juçara com elevado valor agregado, podendo ser aplicada como corante em bebidas em pó, laticínios, produtos de panificação e/ou sobremesas.

Paim *et al.* (2016), utilizando diferentes tipos e combinações de materiais de parede na microencapsulação de um suco probiótico de juçara por *spray dryer*, constataram que produto obtido é uma alternativa para a indústria de alimentos, por apresentarem volume reduzido, facilidade no manuseio, transporte e armazenamento, constituindo uma opção de diversificação de produtos em relação aos laticínios convencionais, já que os probióticos são geralmente incorporados em produtos lácteos.

É importante ressaltar que a atividade de água é um dos fatores de grande relevância na qualidade de pós obtidos de frutas, devido ao fato deste parâmetro ser fundamental para a conservação e armazenamento de um produto, em razão de influenciar diretamente na composição e estabilidade (SILVA *et al.*, 2015).

O crescimento da indústria de alimentos em pó tem sido justamente devido as vantagens da utilização e do manejo que esse material oferece, principalmente, referente ao seu emprego como matéria-prima, aditivo ou corante natural, além da facilidade de conservação a longo prazo e do baixo custo com o armazenamento (MOURA; ANCIENS; AZEREDO, 2020).

3.6 Corantes sintéticos x corantes naturais

A cor é o principal aspecto sensorial nos alimentos sendo um importante requisito para a escolha do consumidor. A redução da cor natural dos alimentos no decorrer do processamento

e armazenamento, associada a busca por produtos com aspecto mais atraente são fatores responsáveis pela utilização de corantes pela indústria de alimentos (MARTINS *et al.*, 2016).

Os corantes são aditivos alimentares que apresentam a função de conferir, intensificar ou restaurar a cor de alimentos ou bebidas (BRASIL, 1997). Existem três categorias de corantes permitidos pela legislação para uso em alimentos: os corantes artificiais, o corante caramelo e os corantes naturais. Considera-se corante artificial aquele obtido por processo de síntese cuja composição química é definida; corante caramelo, é o produto obtido a partir da reação de Maillard, ou seja, por meio do aquecimento de açúcares em elevada temperatura; e o corante natural, é o pigmento ou corante inócuo extraído de substância vegetal ou animal (BRASIL, 1965).

A maioria dos corantes artificiais apresenta alta estabilidade (frente aos fatores como luz, oxigênio, calor e pH), uniformidade na cor conferida, alto poder tintorial, isenção de contaminação microbiológica e custo de produção relativamente baixo. Isso aumentou o interesse pela indústria de alimentos, até mesmo na tentativa de mascarar características desagradáveis de um produto. Apesar das vantagens, o interesse pela substituição de corantes artificiais por corantes naturais tem ocorrido de forma progressiva e crescente, tendo em vista que há uma preocupação mundial relacionada à qualidade e segurança dos alimentos, associada a pressão do mercado devido a um conjunto de padrões e mudanças na legislação, juntamente com as preferências do consumidor por alimentos cada vez mais naturais (MARTINS *et al.*, 2016).

Os corantes naturais obtidos a partir de plantas, insetos/animais e minerais são produtos renováveis e sustentáveis, com um impacto ambiental mínimo e conhecidos desde a antiguidade. Além da sua função principal de melhorar a qualidade visual dos produtos alimentares, os corantes naturais podem melhorar o valor nutricional do alimento alvo, diante de uma alimentação que está cada vez mais baseada em alimentos processados (SHAHID; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, 2013).

O uso de corantes sintéticos tem sido avaliado criticamente pelos consumidores devido a relação com inúmeros efeitos colaterais e toxicidade, a médio e longo prazo, reações alérgicas, efeitos comportamentais e neurocognitivos. Por outro lado, os pigmentos de origem natural parecem fornecer alta qualidade, eficiência e propriedades organolépticas quando aplicados em alimentos (MARTINS *et al.*, 2016).

Antocianinas, carotenoides, betalaínas, clorofilas, entre outros, são os pigmentos alimentares comumente usados em alimentos e o seu consumo tem sido associado a redução de

doenças crônicas não transmissíveis, como câncer, diabetes e obesidade. Dessa forma, práticas regulatórias rígidas têm sido aplicadas em busca de garantia de qualidade alimentar (CORTEZ *et al.*, 2017).

3.7 Sorvete: definição, mercado e qualidade

O sorvete é simultaneamente uma emulsão, suspensão, espuma e mistura complexa e heterogênea de diferentes ingredientes. Ele apresenta na sua estrutura os glóbulos de gordura parcialmente coalescidos, bolhas de ar, cristais de gelo, proteína e/ou hidrocolóides uniformemente dispersos em uma solução concentrada (que é a fase líquida, chamada sêrum), nesta solução ficam dissolvidos os açúcares, as proteínas solúveis e os minerais. Em sorvetes de boa qualidade, o sêrum permanece líquido mesmo após o congelamento final do produto. As bolhas de ar são recobertas por cristais de gelo, cristais de lactose e por glóbulos de gordura individuais e/ou parcialmente fundidos (GOFF; HARTEL, 2013). É o produto mais consumido na categoria de sobremesas lácteas congeladas (MARSHALL; GOFF, 2003).

De acordo com a RDC N° 713 (BRASIL, 2022), de 1° de julho de 2022, gelados comestíveis, são definidos como “produtos congelados, obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcar (es)”. Os gelados comestíveis podem ser adicionados de outro (s) ingrediente (s) desde que não descaracterize (m) o produto.

Segundo a RDC N° 266 (BRASIL, 2005), que foi revogada pela RDC N° 713/2022, os gelados comestíveis eram classificados quanto a composição básica, em: Sorvete de Creme; Sherbets; Sorbets e gelados. Quando ao processo de fabricação, eles podem ser classificados: (1) sorvetes de massa ou cremosos, que são misturas homogêneas ou não de ingredientes alimentares, batidas e congeladas, resultando em uma massa aerada e (2) picolés, que são porções individuais, geralmente suportadas por uma haste, obtidas por congelamento da mistura homogênea ou não, de ingredientes alimentares, com ou sem batimento.

O processamento dos sorvetes consiste em três etapas fundamentais: (1) mistura dos ingredientes e pasteurização, (2) congelamento com incorporação de ar, que em geral, ocorrem simultaneamente e (3) congelamento final, etapa chamada de endurecimento, na qual ocorre o congelamento final do produto já embalado (na embalagem final na qual ele será comercializado), o produto deve ser estocado em câmaras com temperaturas entre -30 a -45°C (GOFF; HARTEL, 2013).

A consistência do sorvete é obtida na etapa de congelamento/aeração que deve ser seguida pelo congelamento final do produto. A principal etapa para manutenção da estrutura

final do sorvete é o congelamento e, portanto, o produto deve ser mantido sob congelamento para garantir a estabilidade da emulsão formada. O produto final pode ter diferentes formatos: picolé que é sólido ou sorvete de massa que é pastoso (GOFF, 2016)

Quanto mais rápido o congelamento, melhor será a qualidade do produto, pois, no congelamento rápido serão formados cristais de gelo menores e, conseqüentemente, a textura final será mais suave. A flutuação da temperatura durante a armazenagem, transporte e/ou distribuição do sorvete faz com que a água, que não estava completamente congelada, se deposite nos cristais de gelo já existentes, aumentando desta forma o tamanho e ocasionando um efeito chamado arenosidade (GOFF; HARTEL, 2013).

No Brasil, o sorvete é uma sobremesa muito apreciada por todas as idades e paladares, entre as diferentes classes sociais. Além disso, fornece proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas, cálcio, fósforo e outros minerais, sendo considerado um alimento completo, de alto valor nutritivo e uma boa fonte de energia, e, por essas razões, é um alimento adequado para incorporar ingredientes funcionais, embora muitas formulações apresentem quantidades consideráveis de açúcares e gorduras (BÖGER *et al.*, 2019).

O mercado de sorvete sofreu um declínio expressivo nos últimos dois, devido a problemas econômicos e políticos, no entanto esse setor ainda continua em alta. Em 2019, o consumo de sorvetes no Brasil atingiu patamares de 1,107 milhões de litros/ano e o consumo *per capita* de 5,59 litros/ano. A região Sudeste apresenta o maior percentual de consumo de 52%. Existe uma demanda cada vez maior por sorvetes funcionais, representando uma grande oportunidade de trabalhar com as frutas brasileiras, principalmente para as indústrias de alimentos saudáveis (ABIS - Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes, 2019)

A incorporação de sucos, polpas e concentrados de frutas em sorvetes caracteriza alternativa estratégica para reduzir corantes sintéticos, aumentando o teor de compostos fenólicos, com capacidade antioxidante e qualidade nutritiva. Os sorvetes são matrizes alimentares adequadas para a aplicação de ingredientes benéficos a saúde (NAEEM; HASSAN; EL-AZIZ, 2019; SOUKOULIS; FISK; BOHN, 2014)

3.8 Digestão *in vitro*

A digestão e a absorção envolvem várias etapas distintas, e cada uma pode causar um efeito sobre o nutriente ou composto bioativo estudado (FERNÁNDEZ-GARCÍA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZ-GÁLVEZ, 2009). Ainda que os ensaios *in vivo* apresentem relevância fisiológica e seja abordagem padrão, nem sempre podem ser realizados por razões

como, demora na execução e custos elevados. Uma alternativa para realizar estes estudos e romper estas dificuldades é recorrer aos sistemas de digestão *in vitro* (HUR *et al.*, 2011).

Os métodos de digestão *in vitro* são amplamente utilizados para estudar o comportamento gastrointestinal de alimentos ou produtos farmacêuticos por meio da simulação dos processos de digestão. A preferência por esses métodos ocorre pelas vantagens importantes que apresentam, como: rapidez; simplicidade e facilidade na aplicação; custo mais baixo; e menos restrições éticas para sua execução. Isso permite que um número relativamente grande de amostras seja verificado em paralelo para fins de triagem, tornando os métodos de digestão *in vitro* adequados para os estudos, em vista da reprodutibilidade, escolha de condições controladas e fácil amostragem no local de interesse (MINEKUS *et al.*, 2014).

Os estudos de digestão simulada *in vitro* foram desenvolvidos para simular as condições fisiológicas e a sequência de eventos que ocorre durante a digestão no trato gastrointestinal humano. Nesses estudos são mimetizadas as condições físico-químicas que ocorrem durante a digestão, considerando as três áreas do sistema digestório: boca, estômago e intestino delgado, e ocasionalmente, a fermentação do intestino grosso. As principais características são a temperatura, a movimentação e a composição química ou enzimática da saliva, do suco gástrico, do suco duodenal e da bile, similares às que ocorrem no organismo humano (FERNÁNDEZ-GARCÍA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZ-GÁLVEZ, 2009; MINEKUS *et al.*, 2014).

Além disso, os métodos *in vitro* permitem determinar a bioacessibilidade de compostos bioativos, como uma primeira etapa da biodisponibilidade, e podem ser usados para avaliar o efeito do processamento sobre eles para desenvolver alimentos funcionais com maiores benefícios a saúde (CILLA *et al.*, 2018). De acordo com Fernández-Garcia *et al.* (2009), determinação da bioacessibilidade fornece informações valiosas a respeito do teor apropriado de nutrientes ou compostos bioativos e da composição da matriz alimentar e sua influência no processo digestivo, a fim de garantir a eficácia nutricional dos produtos desenvolvidos e adequadas alegações de saúde.

3.8.1 Digestão e absorção das antocianinas

O destino das antocianinas após a administração oral segue um padrão único, bastante diferente dos outros flavonoides, provavelmente por seus rearranjos em resposta a mudanças de pH ocorridas durante o longo processo de digestão humana (BRAGA *et al.*, 2018; FANG, 2014). Mesmo apresentando propriedades promotoras da saúde humana, já foi relatado que a biodisponibilidade é extremamente baixa, chegando a quantidade no sangue de 1% das

quantidades ingeridas, possivelmente devido à absorção intestinal limitada que apresenta (HAN *et al.*, 2019; MANACH *et al.*, 2005).

Para melhor associação do consumo de antocianinas a quaisquer propriedades promotoras da saúde, é importante compreender como são digeridas e metabolizadas pelo trato gastrointestinal, e também como são absorvidas juntamente com seus metabólitos (HAN *et al.*, 2019), como os ácidos fenólicos que foram encontrados na corrente sanguínea em concentrações muito mais altas do que seus compostos originais. Esses metabólitos podem ser responsáveis pelos benefícios à saúde associados às antocianinas (FANG, 2014).

Ao longo do trato gastrointestinal, que inclui a cavidade oral, o estômago e o intestino, as antocianinas podem ser digeridas e metabolizadas, e absorvidas pelo sangue humano. Após a absorção, elas são rapidamente distribuídas para o fígado, coração, pulmão, cérebro e rins, e até mesmo para outros tecidos (AQIL *et al.*, 2014; FORNASARO *et al.*, 2016).

De acordo com os estudos de Milbury *et al.* (2002) e Müllleder *et al.* (2002), as antocianinas são prontamente detectadas no sangue em sua forma original, após a ingestão, isso ocorre devido a sua absorção pela parede gástrica. No entanto, há uma variedade de processos de ligação que podem ocorrer, isto é, interações com proteínas alimentares ou com proteínas salivares e enzimas digestivas (WIESE *et al.*, 2009).

As antocianinas são mais estáveis em pH ácido, conforme observado no estômago, e estão presentes na forma de flavílio vermelho, que representa a forma estrutural natural. Em condições básicas (pH>7), que ocorrem no intestino delgado, as antocianinas estão presentes como carbinol incolor, ou seja, há uma completa biotransformação em moléculas de baixo peso molecular, que sofre absorção limitada e possivelmente, é metabolizado em compostos conjugados, uma vez que não podem ser convertidos na forma de flavílio (CROZIER; JAGANATH; CLIFFORD, 2009).

Os transportadores ativos podem desempenhar um papel importante na absorção de antocianinas no estômago, bem como em sua transferência para o rim ou fígado. As formas cianidina-3-glicosídeo e pelargonidina-3-glicosídeo podem ser absorvidas intactas na parede gastrointestinal; sofrem extenso metabolismo de primeira passagem; e entram na circulação sistêmica como metabólitos. Algumas antocianinas podem atingir o intestino grosso em quantidades significativas, serem metabolizadas pela microbiota intestinal e gerar metabólitos que podem contribuir para efeitos benéficos a saúde. Já outras sofrem extenso metabolismo pré-sistêmico e os metabólitos resultantes, da mesma forma, podem ter propriedades benéficas (FANG, 2014).

3.8.2 Fatores que interferem na bioacessibilidade das antocianinas

As antocianinas são compostos solúveis em água e altamente instáveis em condições como pH, luz, solvente, temperatura elevada, enzimas, estrutura e outros fatores ambientais que afetam fortemente a estabilidade da cor e suas propriedades. Além disso, o tempo de permanência insuficiente das antocianinas no trato digestivo superior pode causar absorção parcial (KHOO *et al.*, 2017; TARONE; CAZARIN; MAROSTICA JUNIOR, 2020).

Muitos extratos à base de antocianinas e sucos concentrados de resíduos de colheitas ou do processamento de alimentos, tornaram-se comercialmente disponíveis como corantes e ingredientes alimentícios de valor agregado. No entanto, a concentração e a química das antocianinas podem afetar a propriedade de coloração dos alimentos, e a matriz alimentar é tão importante que pode ter grandes impactos na expressão, estabilidade e degradação da cor das antocianinas, particularmente no que diz respeito às suas aplicações como corantes alimentares e propriedades promotoras da saúde (WALLACE; GIUSTI, 2019).

Conforme relatado por Bueno *et al.* (2012), a presença, o número e o tipo de grupos anexados, como hidroxila, porções de açúcar e grupos acilados, influenciam a polaridade, o tamanho e as conformações espaciais da antocianina, impactando sua bioacessibilidade e biodisponibilidade.

Além disso, o trato gastrointestinal representa um ambiente desfavorável, devido a ampla faixa de flutuação do pH e a presença de várias enzimas e barreiras mucosas, que fazem as antocianinas apresentarem bioacessibilidade, permeabilidade da membrana e biodisponibilidade ainda mais baixas (TARONE; CAZARIN; MAROSTICA JUNIOR, 2020).

Outro aspecto importante a ser considerado é a interação das antocianinas com a microbiota. A microbiota humana possui um sistema enzimático capaz de metabolizar as antocianinas, além de desempenhar uma função importante na transformação e produção de compostos com diferentes biodisponibilidades e atividades biológicas (ÁVILA *et al.*, 2009; FARIA *et al.*, 2014).

Dessa forma, os efeitos biológicos das antocianinas dependem de sua biodisponibilidade, que depende de sua estabilidade digestiva, liberação da matriz (bioacessibilidade), degradação na fase oral, eficiência na absorção, distribuição no sangue e entrega aos tecidos alvo (TARONE; CAZARIN; MAROSTICA JUNIOR, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Matéria-prima

Como matéria-prima foi utilizada a polpa de juçara congelada adquirida diretamente de um produtor rural do município de Resende, RJ e armazenada na Embrapa Agroindústria de Alimentos em câmara frigorífica à -18 °C, sendo descongelada conforme as quantidades necessárias para os processamentos realizados.

4.1.2 Outros

Os ingredientes utilizados no processamento do sorvete de base láctea de frutas vermelhas foram: morango congelado (Nechio[®]), amora congelada (De Marchi[®]), leite em pó (Nestlé[®]), açúcar refinado (Guarani[®]) e creme de leite (Nestlé[®]), adquiridos em mercado local do Rio de Janeiro, RJ/ Brasil, além de emulsificante (Marvi[®]), liga neutra (Marvi[®]) e ácido cítrico (Arcolor[®]).

4.2 Métodos

Todos os experimentos foram realizados nas instalações da Embrapa Agroindústria de Alimentos. O diagrama esquemático apresentado na Figura 2 resume as etapas envolvidas no trabalho.

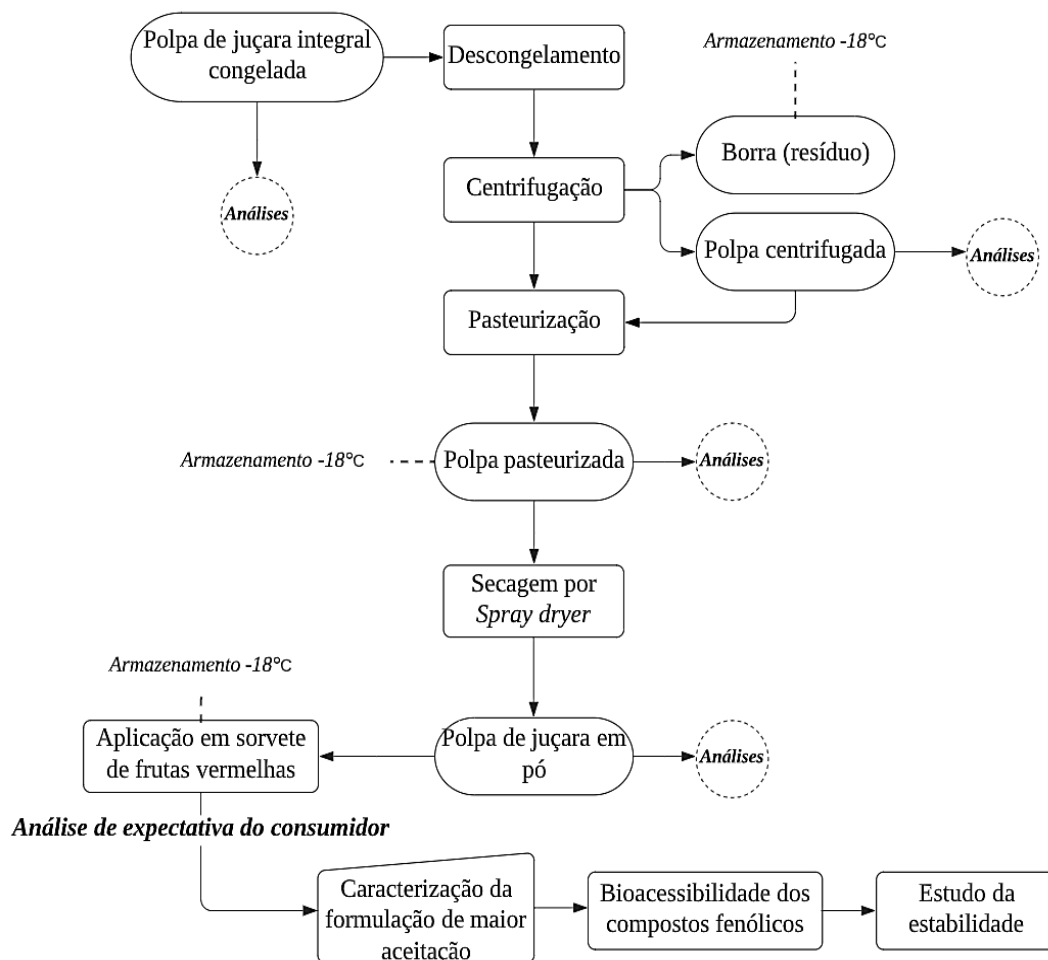


Figura 2. Diagrama esquemático das etapas do trabalho.

O trabalho foi dividido em duas partes, sendo primeiramente realizado o processamento da polpa de juçara integral (descongelamento, centrifugação e pasteurização) até a obtenção do pó por *spray dryer*. Em cada etapa de processamento a polpa foi caracterizada quanto a composição centesimal e propriedades físico-químicas.

Após todas as análises de caracterização nas frações processadas, deu-se prosseguimento a segunda parte do trabalho, com o objetivo de avaliar a aplicação do pó como corante natural em um sorvete de base láctea de frutas vermelhas. Testes preliminares foram realizados para a elaboração do sorvete.

Foram desenvolvidas três formulações, sendo: uma sem adição da polpa em pó de juçara (F0) e duas com adição do pó nas concentrações de 0,1% (F1) e 0,2% (F2), em relação à massa final de sorvete.

Para avaliar sensorialmente as diferentes formulações processadas, foi elaborado um questionário de aplicação online para avaliar a expectativa do consumidor frente à aceitação do produto com relação à cor e a aparência global. A formulação de maior aceitação sensorial foi escolhida para ser caracterizada, sendo avaliados os parâmetros físico-químicos, tecnológicos e funcionais, análise de bioacessibilidade dos compostos fenólicos e estabilidade.

4.2.1 Processamento da matéria-prima

a) Centrifugação

A polpa integral foi descongelada e centrifugada em uma centrífuga de cestos (Centrifuga IEC - Modelo K 7165, EUA), com malha de nylon de 150 µm (Figura – 3A). Este procedimento foi realizado para a redução dos sólidos em suspensão, a fim de facilitar o processo subsequente de secagem por *spray dryer*. A polpa centrifugada (Figura – 3B) e o resíduo obtido, chamado de borra (Figura – 3C), foram pesados e acondicionados em embalagens de polietileno, armazenados a -18 °C até a utilização.

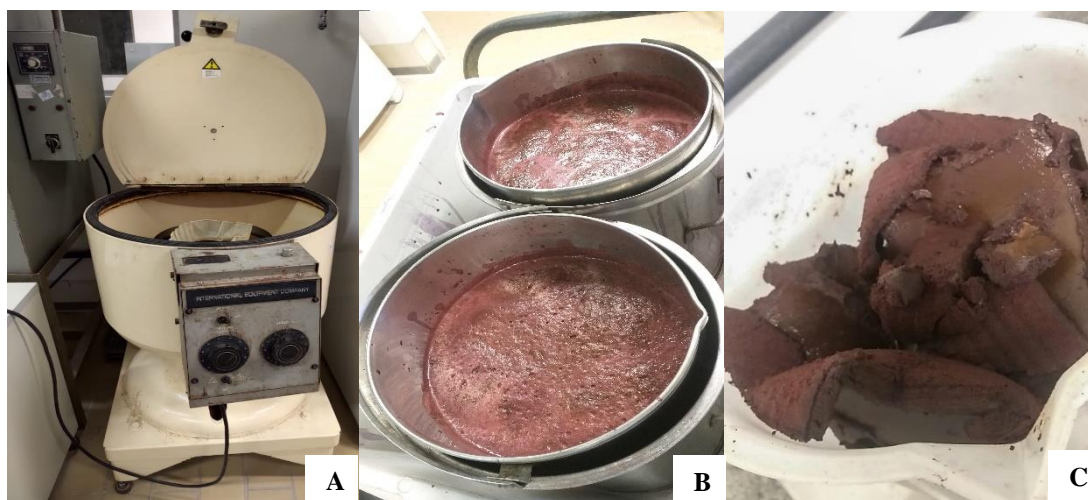


Figura 3. Centrifugação da polpa de juçara: (A) – Centrífuga de cestos utilizada no processo de centrifugação; (B) – Polpa centrifugada; (C) – Resíduo obtido após centrifugação (borra).

O rendimento da centrifugação foi calculado pela relação entre a massa final da polpa centrifugada e a massa inicial da polpa integral, sendo os resultados expressos em porcentagem, conforme a Equação 1 abaixo:

$$R = \frac{\text{Massa final da polpa centrifugada}}{\text{Massa inicial da polpa integral}} \times 100 \quad (1)$$

b) Pasteurização

Após a centrifugação, a polpa foi pasteurizada a 80 °C por 5 minutos (DA SILVA; MARTIN; SPOTO, 2018), em tacho aberto (Figura – 4A) e rapidamente envasada em embalagens de polietileno, seguido de resfriamento imediato em banho de água com gelo (Figura – 4B). A polpa pasteurizada foi acondicionada em embalagens de polietileno e armazenada a -18 °C até o momento da utilização.



Figura 4. Pasteurização da polpa de juçara: (A) – Polpa em tacho aberto; (B) – Envase da polpa pasteurizada em embalagens de polietileno para prosseguir com o resfriamento em banho de gelo.

c) Teste preliminar de secagem em *spray dryer* de escala laboratorial

O teste preliminar foi conduzido para avaliar a viabilidade da secagem da polpa de juçara pasteurizada, em *spray dryer* de escala laboratorial, conforme descrito por Pereira *et al.* (2020).

Para obtenção do pó, 600 ml de polpa de juçara pasteurizada foram atomizados em *Spray Dryer* de escala laboratorial LabPlant, modelo TMSD-06 (Huddersfield, Inglaterra) com bico atomizador de 1 mm de diâmetro e câmara principal de pulverização de 500 x 215 mm (Figura 5). O processo foi realizado sem adição de material de parede.

A polpa pasteurizada foi alimentada na câmara principal através de uma bomba peristáltica. Os parâmetros operacionais de secagem foram: pressão de ar do compressor de 0,25 Mpa; vazão de alimentação de 9 g/min; velocidade do ar de secagem de 4,3 ml/s e temperatura do ar de entrada e saída de 160 °C e 70 °C, respectivamente.

O material seco obtido foi pesado e acondicionado em embalagem de plástico flexível metalizada e, posteriormente, armazenado em dessecadores à temperatura ambiente.

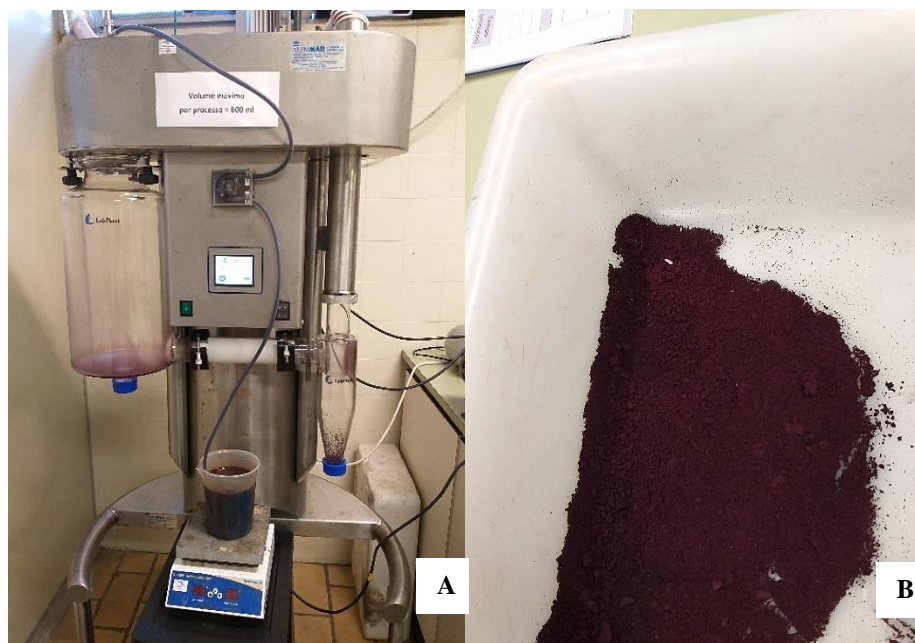


Figura 5. Teste preliminar de secagem: (A) – Spray dryer de escala laboratorial; (B) – Pó da polpa pasteurizada de juçara obtido por meio de secagem sem material de parede.

d) Secagem por *spray dryer* – escala piloto

A secagem da polpa de juçara pasteurizada foi realizada em um *spray dryer* de escala piloto Niro Atomizer, Soborg, D.K, (Figura 6) em fluxo corrente, utilizando um disco de alimentação com orifícios de 1 mm e rotação de 6000 rpm. Os parâmetros operacionais de secagem foram: temperatura de ar de secagem de entrada e saída 160 °C e 90 °C, respectivamente; taxa de alimentação de 9L/h; fluxo de ar de secagem 460 ml/min. O ar foi aquecido por combustão direta do GLP.



Figura 6. *Spray dryer* piloto Niro.

O material seco obtido foi pesado e acondicionado em embalagem de plástico flexível metalizada e, posteriormente, armazenado em dessecadores à temperatura ambiente. O pó foi caracterizado e avaliado quanto ao teor de antocianinas totais e monoméricas, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, além de análises físicas de densidade e porosidade, higroscopicidade, distribuição do tamanho de partícula, atividade de água (a_w) e cor instrumental.

O rendimento do processo de secagem foi calculado como a relação entre os sólidos totais obtidos após a secagem e os sólidos totais na solução de alimentação inicial.

4.2.2 Análises físico-químicas

A polpa de juçara integral e suas frações processadas foram caracterizadas em relação a umidade, cinzas, proteínas, fibras, lipídeos, carboidratos e acidez total titulável. As características físico-químicas avaliadas foram pH, sólidos solúveis e sólidos totais.

O pó foi avaliado ainda, em relação ao teor de umidade, atividade de água, densidade e porosidade, higroscopicidade, tamanho de partícula e cor instrumental.

O teor de antocianinas, compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante e perfil de compostos fenólicos por CLAE-DAD foram determinados desde a matéria-prima até o produto em pó obtido. As análises foram realizadas em triplicatas e as metodologias estão descritas a seguir.

a) Composição centesimal

As análises de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e fibras totais foram realizadas de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), e os carboidratos calculados a partir da diferença.

b) Determinação de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis e sólidos totais

Para as determinações de pH foi utilizado um pHmetro Metrohm modelo 785 DMP Titrimo, com leitura direta a 25°C, devidamente calibrado (AOAC, 2010).

A determinação da acidez titulável foi realizada pelo método potenciométrico em titulador automático Metrohm modelo 785 DMP Titrimo, utilizando solução de NaOH na concentração de 0,1 M, conforme a AOAC (2010).

Os sólidos solúveis foram determinados pela leitura direta em refratômetro digital de bancada Atago, modelo Pocket Refractometer Pal-3, com escala em graus Brix, de acordo com AOAC (2010). A determinação dos sólidos totais foi realizada gravimetricamente em estufa a vácuo a 60 °C no material de interesse até obtenção de peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

c) Compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada por espectrofotometria, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu, de acordo com o método descrito por Singleton & Rossi (1965) modificado por Georgé *et al.* (2005). O padrão analítico utilizado como referência foi o ácido gálico, sendo os resultados expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de amostra.

d) Antocianinas monoméricas totais

As antocianinas monoméricas totais foram quantificadas pelo método do pH diferencial, de acordo com Giusti e Wrolstad (2005), utilizando a cianidina-3-glucosídeo como referência. Os extratos obtidos foram diluídos em tampão pH 1,0 e pH 4,5, separadamente, e, após 30 minutos de estabilização, as absorvâncias das soluções foram lidas a 510 e 700 nm.

e) Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada pelo método espectrofotométrico baseado na descoloração do radical livre ABTS⁺ (ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico

sal diamônio 98% de pureza), conforme Re *et al.* (1999). Os resultados foram expressos em μmol de Trolox/g da amostra.

f) Perfil de ácidos fenólicos e flavonoides não antociânicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE-DAD)

A extração de ácidos fenólicos e flavonoides foi realizada em duas etapas, a partir das modificações propostas por Nascimento *et al.* (2017). Na primeira etapa houve a extração de compostos fenólicos livres, com modificações. Nesta etapa, a amostra foi extraída com solventes polares e apolares, a fim de garantir a detecção de compostos fenólicos com polaridades diferentes. Com o resíduo gerado na primeira etapa foi realizada a extração dos fenólicos hidrolisáveis.

Para as amostras dos ensaios de bioacessibilidade, os extratos digeridos previamente centrifugados, foram filtrados com membrana de $0,22 \mu\text{m}$ (TPP, Trasadingen, Switzerland) e colocados em frascos para a análise cromatográfica.

A análise cromatográfica foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Nascimento *et al.* (2017), em Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência Waters® Alliance modelo 2690/5 (Milford, USA), com detector de arranjo de fotodiodos Waters® modelo 2996 (varredura 210 a 600 nm, com quantificação em 270; 310 e 370 nm). O método baseia-se na separação cromatográfica em coluna de fase reversa (C18, Thermo BDS HYPERSIL, 100 mm x 4,6 mm e $2,4 \mu\text{m}$) a 40°C , em modo de eluição por gradiente de ácido fosfórico $1,5 \text{ mL.L}^{-1}$ em água e acetonitrila, com fluxo de $1,0$ à $1,2 \text{ mL.min}^{-1}$, volume de injeção de $5 \mu\text{L}$ e tempo de corrida de 30 min.

A quantificação foi realizada por padronização externa por meio da construção de curvas analíticas a partir de padrões analíticos comerciais. Os resultados foram expressos em mg de composto por ml de extrato.

g) Identificação e quantificação das antocianinas monoméricas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE-DAD)

A identificação e a quantificação das principais antocianinas presentes nas amostras foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Santiago *et al.* (2010). Para as amostras digeridas, a etapa de extração ocorreu da seguinte forma: os tubos foram centrifugados por 20 minutos com rotação de 4500 rpm e em seguida transferidos 2 mL dos sobrenadantes dos extratos digeridos para novos tubos de 15 mL e adicionados $100 \mu\text{L}$ de ácido fórmico

concentrado e 2 mL de solução de injeção. Os tubos foram colocados no ultrassom por 10 minutos. Posteriormente, o sobrenadante de cada um dos tubos foi filtrado com membrana de 0,22 μm (TPP, Trasadingen, Switzerland) e transferidos para balões volumétricos de 5 mL que foram avolumados com solução de injeção. Em seguida, foram transferidos para frascos para serem analisados por cromatografia líquida de alta eficiência

A análise cromatográfica de todos os extratos foi realizada em Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência Waters® Alliance modelo 2690/5 (Milford, USA), com detector de arranjo de fotodiodos Waters® modelo 2996 e varredura do espectro UV-Vis na faixa de 210 a 600 nm e quantificação em 520 nm, os compostos foram identificados por comparação do tempo de retenção, dos espectros de UV e espectros de massa acurada dos padrões.

O método baseia-se na separação cromatográfica em coluna de fase reversa (coluna C18, Thermo BDS Hypersil, 100 mm x 4,6mm e 2,4 μm) a 40 °C em modo de eluição por gradiente, com fase móvel ácido fórmico 5% em água e acetonitrila, com fluxo de 1,0 mL.min⁻¹, volume de injeção de 20 μL e tempo de corrida de 35 min. A quantificação das antocianinas foi realizada utilizando curvas de calibração elaboradas com os padrões analíticos (cianidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3- rutinosídeo).

h) Atividade de água (A_a)

A atividade de água da polpa de juçara em pó foi realizada em um higrômetro digital da marca Aqualab 3TE, Decagon, Pullman, USA), a 25 °C.

i) Densidade e porosidade

Para determinação da densidade do pó 0,5 g foram transferidos por meio de um funil para uma proveta graduada de 10 ml. Após adição do pó na proveta, a partir do volume ocupado, pode-se calcular a densidade aparente (ρ_a); foram então realizadas 60 batidas na proveta, de modo a aumentar a densidade do material por meio de rearranjo dos grânulos. A nova densidade atingida foi considerada como a densidade real (ρ_r), sendo realizadas no mínimo três medidas (ensaios) para cada amostra do pó. As densidades foram calculadas através da relação entre a massa do pó e o volume ocupado da amostra no cilindro e a porosidade intragranular (ϵ) foi calculada como: $\epsilon = 1 - \rho_a / \rho_r$ (GOULA; ADAMOPOULOS, 2004).

j) Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por Al-Kahtani e Hassan (1990), com algumas modificações. A amostra do pó (aproximadamente 1,0 g) foi colocada a 25 °C em um recipiente com solução saturada de NaCl (75,29% de umidade relativa) e o ganho de peso devido à adsorção de umidade foi registrada a cada 15 minutos de intervalo, por 2 horas.

k) Distribuição do tamanho de partícula

A distribuição do tamanho de partículas do pó foi determinada em equipamento de difração de luz laser, SDC – Microtrac S3500 (Mitrotrac, EUA). Uma pequena amostra do pó (cerca de 0,1 g) foi suspensa em etanol sob agitação magnética e a distribuição do tamanho das partículas foi monitorada durante cada medição até que as leituras sucessivas se tornassem constantes. O diâmetro médio foi determinado com base no diâmetro médio de uma esfera com o volume equivalente (diâmetro de Brouckere, D [4,3]), geralmente utilizado para caracterizar partículas de pó. Os dados de distribuição foram fornecidos pelo software do equipamento.

l) Cor instrumental

A cor instrumental do pó da polpa de juçara foi realizada por reflectância com o colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Meter, Osaka, Japão), com iluminante D65 e ângulo de observação de 2°. O espaço de cores CIELab foi usado para determinar os seguintes parâmetros de cores:

L^* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco);

a^* (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho);

b^* (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo).

As coordenadas cilíndricas C^* (Chroma) e h° (ângulo de matiz) também foram determinadas. A amostra foi disposta em placas de fundo branco e foram realizadas três repetições.

4.2.3 Processamento dos sorvetes de frutas vermelhas com adição de polpa de juçara em pó como corante natural

a) Elaboração do preparado de frutas vermelhas

Para elaboração do preparado à base de frutas vermelhas, os morangos e amoras foram descongelados em temperatura de refrigeração, triturados por 3 min em um liquidificador

doméstico (Walita, Philips) e misturados com 55% de açúcar e 0,4% de ácido cítrico (em relação a massa de fruta congelada). A mistura passou por um tratamento térmico em temperatura de ebulição sob agitação para dissolver o açúcar, que foi mantido até o preparado atingir concentração de 53 °Brix. O preparado de fruta vermelhas foi acondicionado em caixas plásticas com tampas e mantido sob congelamento -18 °C até a utilização.

b) Aplicação de diferentes concentrações de polpa de juçara atomizada em sorvete de frutas vermelhas

Para elaboração do sorvete de base láctea foram utilizados os seguintes ingredientes: leite em pó reconstituído com água (84,59%), emulsificante (1%), estabilizante (1%) e creme de leite (13,58%). Em relação à massa do sorvete, adicionou-se 30% do preparado de frutas vermelhas e como corante natural utilizou-se a polpa de juçara atomizada. Três formulações de sorvetes de frutas vermelhas foram elaboradas com a mesma concentração do preparado (30%), sendo uma controle sem a adição de polpa de juçara em pó obtida (F0) e duas com corante natural nas concentrações de 0,1% (F1) e de 0,2% (F2) em relação à massa da mistura de todos os ingredientes denominada “calda”. As formulações dos sorvetes foram obtidas com base em testes preliminares.

Após a adição da juçara em pó nas diferentes formulações, foi realizada uma nova mistura em liquidificador por 3 minutos, seguido do resfriamento a 4 °C. A “calda” de cada uma das formulações contendo todos os ingredientes foi colocada na produtora de sorvete (Gelato Express[®], Tramontina) programada conforme as instruções do fabricante. Nesta etapa, ocorreu concomitantemente, a aeração e o congelamento, por cerca de 40 minutos. O processamento do sorvete pode ser observado, conforme a Figura 7.

O sorvete foi armazenado em recipientes de plástico (2L) com tampa sob congelamento (-18 °C) em freezer até a realização das análises para caracterização do produto desenvolvido.

Para a escolha do sorvete de frutas vermelhas com o teor ideal de polpa em pó de juçara, foi realizada a avaliação de expectativa do consumidor e a formulação de maior aceitação foi caracterizada e analisada quanto a estabilidade.

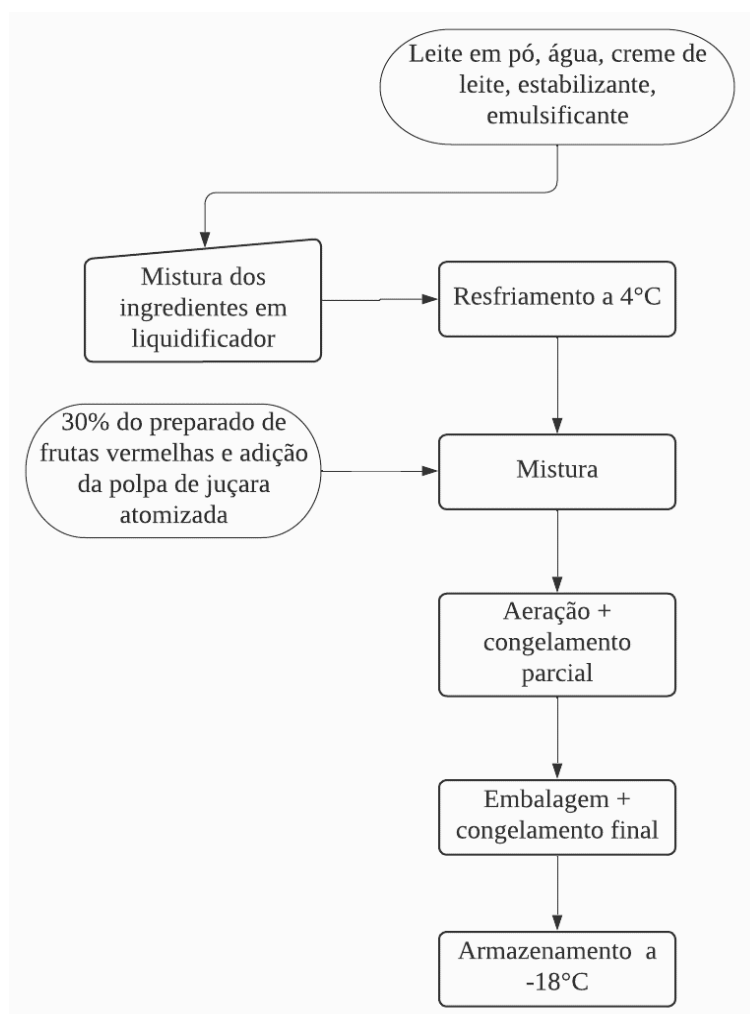


Figura 7. Diagrama esquemático do processo de elaboração dos sorvetes.

4.2.4 Avaliação sensorial da expectativa do consumidor para a determinação do teor ideal de polpa de juçara em pó em sorvete de frutas vermelhas como corante natural

A avaliação sensorial para determinar a expectativa do consumidor com relação à cor e à aparência do produto foi realizada por meio da aplicação de um questionário *online*, contendo imagens digitais em luz natural das diferentes amostras do sorvete (Figura 8), com o objetivo de avaliar a aceitação sensorial dos consumidores frente aos atributos de cor, aparência geral e a aceitação do produto, a fim de selecionar a formulação com a maior aceitação.

No questionário foi utilizada uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (onde a nota 1 significava desgostei extremamente e a nota 9 significava gostei extremamente). Cento e noventa consumidores, de ambos os sexos e idades variando de 18 a maiores de 65 anos, responderam ao questionário disponibilizado virtualmente por meio de um *link* no segundo

semestre de 2021 (entre outubro e dezembro). O *link* de acesso foi disponibilizado por meio de diferentes mídias sociais, tais como o *Facebook*, *WhatsApp*, *Instagram* e por e-mail.

O Índice de Aceitabilidade (IA) foi calculado multiplicando-se a nota média obtida pelos consumidores ao produto por 100, dividindo-se o resultado pela nota máxima atribuída ao produto dentro da escala hedônica de nove pontos, conforme Equação 2. O produto é considerado aceito quando seu Índice de Aceitabilidade (IA) for igual ou superior a 70% (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

$$IA = \frac{A}{B} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

A = pontuação média calculada para o produto

B = pontuação máxima atribuída ao produto

A análise de correspondência (AC) foi realizada para obter uma representação visual das amostras em relação aos atributos avaliados. Foi solicitado aos consumidores que escolhessem um sabor esperado considerando a cor do sorvete, utilizando uma lista de opções de frutas. O teste de independência Qui-quadrado foi aplicado para identificar se ocorreram associações entre os sabores do sorvete (variável linha) e as imagens das formulações elaboradas (variável coluna).

Os resultados foram analisados por meio do programa Compusense Cloud® (Compusense Inc., Canadá), entre janeiro e março de 2022, e submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças significativas entre as amostras, enquanto a comparação das médias foi realizada por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de significância. A amostra selecionada foi caracterizada em relação aos parâmetros físico-químicos, funcionais e tecnológicos.



Figura 8. Imagens digitais em luz natural das diferentes formulações do sorvete de frutas vermelhas do questionário online. F0 (à direita): formulação controle (sem adição de polpa de juçara em pó); F1 (no centro): formulação adicionada de 0,1% de polpa de juçara em pó; F2 (à esquerda): formulação adicionada de 0,2% de polpa de juçara em pó.

4.2.5 Caracterização da formulação mais aceita em relação aos parâmetros físico-químicos, funcionais e tecnológicos do sorvete

a) Análises físico-químicas

As análises de umidade, cinzas, carboidratos, lipídeos, proteínas e fibras foram realizadas de acordo com AOAC (2010). A determinação das medidas de pH e acidez total foram realizadas por meio de titulação em titulador automático Metrohm, modelo 785 DMP Titrino (AOAC, 2010).

O teor de sólidos solúveis foi determinado pela leitura direta em refratômetro digital portátil Atago, modelo Pocket Refractometer Pal-3, com escala em graus Brix, conforme AOAC (2010). A determinação dos sólidos totais foi realizada por meio do peso seco obtido pela secagem em estufa a vácuo a 70 °C até a obtenção de peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

b) Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante

Para a obtenção dos extratos utilizados tanto para a determinação de compostos fenólicos totais como também para a avaliação da capacidade antioxidante das formulações do sorvete, foram pesados 1 g em tubos Falcons de cada amostra em triplicata, adicionados 10 mL de metanol 50% mantido por 60 minutos ao abrigo da luz e centrifugados a 2000 rpm à

temperatura ambiente por 15 minutos. Os sobrenadantes foram transferidos para balões volumétricos de 25 mL. Em seguida, 10 mL de acetona a 70% foram adicionados aos precipitados, mantidos em temperatura ambiente por mais 60 minutos ao abrigo da luz e centrifugados sob as mesmas condições. Os extratos de acetona foram adicionados aos balões com os extratos de metanol e completados até 25 mL com água destilada

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada conforme o método espectrofotométrico proposto por Singleton e Rossi (1965), modificado por Georgé *et al.* (2005) e os resultados obtidos foram expressos em equivalente de ácido gálico.

A capacidade antioxidante foi determinada pelo método espectrofotométrico baseado na descoloração do radical livre ABTS⁺ (ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico sal diamônio 98% de pureza), conforme Re *et al.* (1999). Os resultados foram expressos em µmol de Trolox/g da amostra.

c) Antocianinas monoméricas totais

O teor de antocianinas monoméricas foi determinado por meio do método espectrofotométrico por pH diferencial, de acordo com Giusti e Wrolstad (2005), com modificações. Em balões volumétricos de 10 mL, foram pesados 1g de cada amostra em triplicata e avolumados com os tampões de pH 1,0 (solução de cloreto de potássio acidificada com HCl) e de pH 4,5 (solução de acetato de sódio acidificada com HCl). Em seguida, os balões foram homogeneizados e mantidos ao abrigo da luz por 30 minutos.

Após esse tempo, os extratos foram transferidos para tubos Falcons de 15 mL e centrifugados a 3000 rpm a temperatura ambiente por 10 minutos. Uma alíquota de cada sobrenadante dos extratos foi recolhida e a leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-1800 (Shimadzu[®], Kyoto, Japão) nos comprimentos 510 nm e 700 nm. Os resultados foram expressos em mg de cianidínia-3-glicosídeo por 100 g de amostra.

d) Overrun

A determinação do *overrun* foi realizada de acordo com o método descrito por Goff e Hartel (2013), onde um volume fixo, de 50 ml (em béquer) da amostra da calda foi pesado antes e após o batimento na produtora de sorvete (amostra sorvete). O *overrun* foi calculado conforme a Equação 3:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{massa da mistura} - \text{massa do sorvete}}{\text{massa do sorvete}} \times 100 \quad (3)$$

e) Teste de derretimento

Para a análise de derretimento, utilizou-se a metodologia descrita conforme Granger *et al.* (2005); Goff e Hartel (2013) e Wang *et al.* (2022), em que cada amostra foi pesada e colocada em uma peneira metálica sob um funil de vidro em uma proveta, cuja a função foi coletar a amostra de sorvete derretido. A massa derretida foi registrada a cada 10 minutos em uma balança analítica por 60 minutos. O teste foi feito em duplicata e com os valores obtidos foram construídos gráficos da massa derretida em função do tempo.

f) Análise instrumental de cor

A análise instrumental de cor das amostras de sorvetes foi realizada utilizando-se um colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Meter, Osaka, Japão), com iluminante D65 e ângulo de observação de 2°. Os parâmetros medidos foram luminosidade L* na escala de 0 (preto) a 100 (branco), a* na escala de verde (-80 até 0) a vermelho (0 até +100) e b* na escala de azul (-100 até 0) a amarelo (0 até +70).

4.2.6 Digestão gastrointestinal simulada *in vitro*

A digestão gastrointestinal simulada *in vitro* foi realizada conforme o método descrito por Minekus *et al.* (2014). As etapas de digestão oral, gástrica e intestinal foram simuladas baseadas na fisiologia humana.

A formulação de maior aceitação pela avaliação de expectativa do consumidor foi exposta a um procedimento de digestão simulada. A quantidade de amostra utilizada foi 5g. O ensaio foi realizado em quadruplicata, sendo uma amostra utilizada como amostra controle para ajustes do pH.

Para a simulação da fase oral foram adicionados em cada amostra 4 mL de solução salivar; 0,475 mL de água ultrapura; 0,025 mL de CaCl₂ e 0,5 mL de solução com amilase (0,24g/mL) (Sigma®, EUA). Os tubos de centrífuga de 50 mL foram incubados em banho termostático por 2 minutos a 37°C, com agitação a 100 rpm. Decorrido esse tempo a atividade enzimática foi interrompida através da imersão dos tubos em banho de gelo.

Na fase gástrica foi adicionado ao conteúdo 8,5 mL de solução gástrica mais 0,005mL de CaCl₂ e o pH foi ajustado até 3,0 com HCl2M na replicata teste. Após o ajuste, foram adicionados 0,5 mL de solução com pepsina (0,35g/ml) (Sigma®, EUA). Os tubos foram incubados em banho termostático por 2 horas a 100 rpm a 37°C. Após a digestão gástrica os tubos foram colocados em banho de gelo a fim de cessar a atividade enzimática.

Na fase intestinal 8,5 mL de fluido intestinal foram adicionadas as amostras, juntamente com 0,04 mL de CaCl₂ e o pH foi corrigido para 7,0, na replicata teste utilizando NaOH1M. Então, foram adicionados 2,5 mL de solução de bile (0,09 g/mL), seguido da adição de 5 mL de solução de pancreatina (0,13g/mL). Os tubos foram incubados em banho termostático a 37°C com agitação de 100 rpm ou mais por 2 horas. Finalizada a fase intestinal da digestão, os tubos foram colocados em banho de gelo para cessar a atividade enzimática. Após a simulação da digestão, as amostras foram centrifugadas a 5000 xg a 4 °C por 15 minutos e armazenados a -20 °C para posteriores análises.

Os extratos digeridos previamente centrifugados, foram filtrados com membrana de 0,22 µm (TPP, Trasadingen, Switzerland) e colocados em frascos para a análise cromatográfica. As amostras foram analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-DAD), conforme descrito nas sessões 3.3.6 e 3.3.7.

A bioacessibilidade *in vitro* dos compostos bioativos foi calculada a partir da comparação entre os teores de cada composto antes (no extrato bruto) e após a simulação da digestão (extrato digerido), conforme a Equação 4:

$$\text{Bioacessibilidade (\%)} = \frac{\text{Teor (composto) digerido}}{\text{Teor (composto) inicial}} \times 100 \quad (4)$$

4.2.7 Avaliação da estabilidade ao longo do armazenamento

Para a determinação da estabilidade, as amostras de sorvete foram acondicionadas em embalagens de polietileno, em freezer a -18°C. As amostras foram analisadas quanto à cor e teores de antocianinas, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, durante 6 semanas de estocagem.

4.2.8 Análise dos dados

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças significativas entre as amostras, enquanto a comparação das médias foi realizada pelo teste de *Tukey* ao nível de 5% de significância. O delineamento experimental utilizado foi um DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) e o programa estatístico utilizado foi o RStudio[®], versão 1.4.1106.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Processamento da matéria-prima e caracterização das frações obtidas

Considerando a massa inicial da polpa integral, o rendimento obtido nos processos de centrifugação e pasteurização foi de 81,55 % e 76,08 %, respectivamente.

Os resultados referentes à caracterização físico-química da matéria-prima e das frações obtidas nos processos de centrifugação e pasteurização encontram-se dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Composição físico-química da polpa de juçara integral, centrifugada e pasteurizada

Componente	Polpa integral	Polpa centrifugada	Polpa pasteurizada
Umidade (g/100g) ¹	95,15 ± 0,17	97,12 ± 0,08	97,11 ± 0,10
Proteínas (g/100g) ¹	1,09 ± 0,03	0,58 ± 0,00	0,87 ± 0,00
Carboidratos (g/100g) ¹	54,92 ± 0,00	54,55 ± 0,00	55,41 ± 0,00
Lipídeos (g/100g) ¹	22,96 ± 0,11	18,56 ± 0,04	18,52 ± 0,10
Cinzas (g/100g) ¹	6,56 ± 0,00	10,23 ± 0,01	10,56 ± 0,02
Fibra alimentar (g/100g) ¹	29,16 ± 0,00	28,06 ± 0,00	28,35 ± 0,00
pH ²	4,76 ± 0,04 ^a	4,81 ± 0,03 ^a	4,76 ± 0,01 ^a
Sólidos Solúveis (°Brix) ²	3,3 ± 0,2 ^a	3,3 ± 0,2 ^a	3,4 ± 0,2 ^a
Sólidos Totais (g/100g) ²	5,49 ± 0,07 ^a	3,42 ± 0,10 ^a	3,46 ± 0,04 ^a
Acidez total (g de ácido cítrico /100g) ²	0,38 ± 0,04 ^a	0,38 ± 0,12 ^a	0,38 ± 0,04 ^a
Compostos fenólicos totais (mg AGE/100g) ²	21424,56 ± 565 ^b	22511,72 ± 106 ^b	24692,32 ± 973 ^a
Antocianinas monoméricas (mg cianidina-3-glicosídeo/100g) ²	2137,18 ± 103 ^c	2427,65 ± 87 ^b	2939,51 ± 18 ^a
Capacidade antioxidante ABTS (μmol de Trolox/g) ²	774,05 ± 4,70 ^c	2032,60 ± 5,17 ^b	2840,17 ± 30,68 ^a

Resultados de proteínas, carboidratos, lipídeos, cinzas, fibra alimentar, compostos fenólicos totais, antocianinas totais e capacidade antioxidante expressos em base seca. ¹ = valores médios de 2 determinações com seus respectivos desvios padrões. ² = valores médios de 3 determinações com seus respectivos desvios padrões. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com os resultados, parte dos carboidratos que compõem a polpa de juçara representa mais de 50% do conteúdo de fibra alimentar. Nesse contexto, o consumo diário de 100g de polpa de juçara forneceria além da ingestão total diária de fibras recomendada para um adulto saudável (25g/ dia), de acordo com Ministério da Saúde (BRASIL, 2014b).

A Tabela 3 apresenta a polpa de juçara integral e suas frações processadas com baixos teores proteicos (em torno de 1%) e valores relativamente elevados de lipídeos (23 a 18%), semelhantes aos encontrados por Borges *et al.* (2011) e Inada *et al.*, (2015) que encontraram teores lipídicos em torno de 18 a 47 %, conforme a região de cultivo.

Em geral, os resultados encontrados estão de acordo com os dados de composição centesimal já publicados anteriormente (BORGES *et al.*, 2011; INADA *et al.*, 2015; RUFINO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2014), no entanto a composição química da polpa varia entre os trabalhos descritos, devido às diferentes regiões onde os frutos foram cultivados, ao estágio de maturação, a temperatura e clima, e ao índice de pluviosidade da região de cultivo.

Após a centrifugação, mesmo não apresentando diferença significativa, foram reduzidos 62% dos sólidos totais, 47% das proteínas e 19% dos lipídeos. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Pereira *et al.* (2020) e Paim *et al.* (2016) e possivelmente ocorreu devido a perdas no processo de centrifugação em que parte da polpa (chamado de borra) fica retida na peneira da centrífuga, reduzindo a concentração desses compostos. Conforme Ribeiro (2018), a redução da fração lipídica é importante, uma vez que esta compromete a qualidade do produto, podendo levar ao desenvolvimento de rancidez pela oxidação dessa fração.

Os valores encontrados para umidade, pH, sólidos solúveis e acidez total foram semelhantes entre os processos e estão de acordo aos reportados por outros autores (CASTRO *et al.*, 2016; DA SILVA CAMPELO BORGES *et al.*, 2011; INADA *et al.*, 2015; PAIM *et al.*, 2016a; PEREIRA *et al.*, 2020; RIBEIRO; MENDES; PEREIRA, 2011).

A polpa de juçara apresentou elevado valor de umidade, assim como nos estudos de Inada *et al.* (2015), e estão em conformidade aos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira para a polpa de açaí, que devido às suas semelhanças, podem ser consideradas também para a de juçara.

As variações de umidade encontradas nos dados da literatura, podem ser atribuídas às características da própria matéria prima, influências ambientais, formas de cultivo, armazenamento e processamento da polpa, além da quantidade de água adicionada para obtenção da polpa (ROCHA, 2017).

Menezes *et al.* (2008) destacam que a combinação de umidade e pH altos e níveis de sólidos solúveis baixo torna o produto perecível, sendo necessário aplicar técnicas de conservação para aumentar sua vida de prateleira e possibilitar sua distribuição para o mercado consumidor.

Em relação a pasteurização, é possível constatar que o processamento térmico não afetou as características físico-químicas da polpa de juçara, corroborando com os resultados encontrados por Barros *et al.* (2015); Faraoni (2006) e Monteiro *et al.* (2005) ao avaliarem a influência da pasteurização nas propriedades físico-químicas da polpa de juçara, manga e maracujá, respectivamente.

De acordo Chaimsohn & Chiqueto (2013) há grande necessidade de um regulamento técnico para a fixação de padrões de identidade e características mínimas de qualidade da polpa de juçara destinada ao consumo, já que na legislação brasileira ainda é ausente uma normativa que estabeleça esses parâmetros.

5.1.1 Compostos fenólicos e capacidade antioxidante

De acordo com a Tabela 3, não houve diferença significativa para os teores de compostos fenólicos totais entre as amostras de polpa integral e centrifugada. No entanto, para os teores de antocianinas monoméricas e capacidade antioxidante, o aumento foi significativo para todos os processos ($p > 0,05$).

Paim *et al.* (2016), ao realizarem o mesmo processo de centrifugação na polpa de juçara, reportaram aumento nos conteúdos de compostos fenólicos totais, antocianinas e atividade antioxidante na fração centrifugada ($10.434,6 \pm 104,1$ mg GAE/100 g de matéria seca; $3.349,6 \pm 66,5$ mg cianidina-3-glicosídeo/ 100g de matéria seca e $788,0 \pm 19,17$ μ mol de Trolox/g, respectivamente) em comparação com a polpa integral ($4.872,6 \pm 79,2$ mg GAE/100 g de matéria seca; $1.688,1 \pm 43,1$ mg cianidina-3-glicosídeo/ 100g de matéria seca e $353,5 \pm 17,4$ μ mol de Trolox/g, respectivamente).

Pereira *et al.* (2020), após a filtração, processo semelhante ao de centrifugação realizado nesse estudo, também constataram um aumento no teor de compostos fenólicos totais, antocianinas e capacidade antioxidante. Os valores encontrados desses componentes em base seca antes e após a filtração foram, respectivamente, de $9,072 \pm 86$ e $15,815 \pm 41$ mg/100g para compostos fenólicos totais; $2,929 \pm 29$ e $6,240 \pm 30$ mg/ 100g para antocianinas totais (equivalentes a cianidina-3-glicosídeo) e 505 ± 7 e 791 ± 15 μ mol de Trolox/g para capacidade antioxidante ABTS.

Esse aumento pode estar relacionado à redução do tamanho de partícula da polpa integral em decorrência dos processos de filtração e centrifugação, liberando maior quantidade de compostos bioativos. Além disso, esses valores mais elevados estão relacionados à redução do teor de sólidos totais, tendo em vista que os resultados são expressos em base seca (PEREIRA *et al.*, 2020).

Os níveis totais de compostos fenólicos, antocianinas monoméricas e capacidade antioxidante, aumentaram cerca de 9,68%, 21,11% e 39,73%, respectivamente, após o processo de pasteurização (Tabela 3). Outros estudos também reportaram resultados semelhantes referentes à capacidade da pasteurização de preservar os compostos bioativos.

Schultz (2008) ao obter a polpa de juçara após processar os frutos de forma caseira, encontrou valores de antocianinas menores em amostras da polpa *in natura*, variando de 61,7 a 115,5 mg/ 100g, e maiores em amostras da polpa pasteurizadas, de 78,6 a 231,6 mg/100 g equivalentes a cianidina3-glicosídeo. Em relação aos compostos fenólicos totais, os valores ficaram em torno de 372,6 a 541,7 mg GAE/100 g para as amostras não pasteurizadas e 480,4 a 653,3 mg GAE/100 g para as amostras pasteurizadas. A capacidade antioxidante da polpa obtida após tratamento térmico foi 22% maior do que na amostra controle.

Castro *et al.* (2016) ao avaliarem a eficiência da pasteurização prévia nos frutos de juçara utilizados para o processamento da polpa, observaram que não ocorreu alteração no teor de antocianinas para a polpa de juçara submetida ao tratamento térmico dos frutos ($95,63 \pm 3,30$ mg cianidina3-glicosídeo/100g), em comparação com a polpa cujos frutos não sofreram tratamento térmico ($92,58 \pm 4,06$ mg cianidina3-glicosídeo/100g). Já para o conteúdo de compostos fenólicos totais houve uma redução de 11% na polpa pasteurizada ($382,98 \pm 19,57$ mg GAE/100 g) em relação a polpa sem pasteurização ($428,58 \pm 9,46$ mg GAE/100 g). Essa redução foi considerada pelos autores como de baixo impacto, tendo em vista que a capacidade antioxidante aumentou após o tratamento térmico ($5,28 \pm 0,41$ μ mol de Trolox/g) quando comparada com a amostra antes do tratamento ($4,32 \pm 0,41$ μ mol de Trolox/g). Dessa forma, os resultados indicaram que a pasteurização pode ser eficaz na obtenção da polpa, sem desencadear degradações importantes.

Os efeitos da pasteurização da polpa de juçara foi avaliado por Da Silva *et al.* (2018) que observaram na amostra pasteurizada, após 30 dias de armazenamento, os maiores valores de antocianinas e compostos fenólicos totais entre os tratamentos de conservação realizados. Este aumento também foi observado por Gil-Izquierdo, Gil e Ferreres (2002) em polpas de juçara pasteurizadas a 80 °C/5 minutos e conforme os autores pode estar relacionado a melhor liberação de compostos fenólicos após o aquecimento.

Os aumentos observados podem estar associados à ruptura dos polissacarídeos, estruturas constituintes da parede celular das polpas de frutas, que devido à exposição ao calor, sofreram uma degradação térmica e os compostos fenólicos se tornaram mais disponíveis na matriz. Isso pode ser confirmado pela avaliação dos teores de compostos fenólicos livres e ligados. A formação de novos compostos fenólicos, como produtos de degradação de antocianinas e ácidos fenólicos, também podem apresentar atividade antioxidante (CARVALHO *et al.*, 2017; RIBEIRO, 2018).

Diferentemente dos resultados mostrados, Barros *et al.* (2015) encontraram valores

maiores de antocianinas na polpa da marca juçará *in natura* (113,87 mg/100g de cianidina-3-glicosídeo) em relação a polpa pasteurizada (62,6 a 63,0 mg/100g de cianidina-3-glicosídeo) e Sarkis *et al.* (2013) observaram uma perda significativa de 7,2% no conteúdo de antocianinas da polpa de mirtilo quando submetida a pasteurização, demonstrando perdas importantes e a ineficiência do processamento térmico na preservação das antocianinas.

Conforme Da Silva Campelo Borges *et al.* (2011) & Melo *et al.* (2008) há uma correlação entre atividade antioxidante de frutos com o teor de compostos fenólicos. A eficácia da ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração de fitoquímicos presentes no alimento, uma vez que os compostos fenólicos são os antioxidantes mais abundantes em frutas.

De acordo com Patras *et al.* (2010), a degradação térmica das antocianinas pode resultar em uma variedade de espécies de compostos intermediários, dependendo do grau e da natureza do aquecimento. O calor pode promover não apenas a degradação de moléculas complexas em seus monômeros, como também pode explicar os aumentos observados em diversos estudos devido a liberação desses compostos das células para o espaço extracelular (GONZALEZ; BARRETT, 2010; RAWSON *et al.*, 2011).

O aumento na concentração de compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante também foi reportado por Moreira *et al.* (2017) ao avaliar um suco misto de manga e juçara após a pasteurização realizada a 82 °C por 1 minuto e por Branco *et al.* (2016) em suco de jambolão pasteurizado a 70 °C por 5 min.

5.1.2 Perfil de compostos fenólicos (antociânicos e não-antociânicos) por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE-DAD)

A Tabela 4 mostra a composição fenólica solúvel e insolúvel da polpa de juçara e das frações centrifugada e pasteurizada.

Na polpa integral foram identificados e quantificados doze compostos fenólicos, sendo duas antocianinas (cianidina-3-O-glicosídeo e cianidina-3-O-rutinosídeo), seis ácidos fenólicos, sendo quatro derivados do ácido hidroxibenzóico (ácidos 4-hidroxibenzóico, siríngico, vanílico e protocatéquico) e dois derivados do ácido hidroxicinâmico (ácidos p-cumárico e ferúlico), dois flavanóis (epicatequina e catequina), um flavonol (quercetina) e uma flavona (luteolina).

Os compostos fenólicos ocorrem nas plantas como formas solúveis (agliconas e glicosídeos conjugados) e insolúveis. Nas formas insolúveis estão ligados covalentemente aos

componentes estruturais da parede celular, como celulose, hemicelulose, lignina, pectina e as proteínas estruturais. Esta fração não é extraível por solventes orgânicos, sendo liberada após tratamentos alcalinos e ácidos. À medida que a hidrólise alcalina quebra as ligações éster, a hidrólise ácida quebra as ligações glicosídicas, mas geralmente deixa as ligações éster intactas (ACOSTA-ESTRADA; GUTIÉRREZ-URIBE; SERNA-SALDÍVAR, 2014).

No presente trabalho, os compostos fenólicos solúveis identificados foram: cianidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3-O-rutinosídeo, ácido 4-hidroxibenzóico, ácido sirínico, ácido vanílico, ácido protocatéquico, ácido ferúlico, epicatequina e catequina. Após o procedimento de hidrólise das amostras, o ácido 4-hidroxibenzóico, ácido p-cumárico, ácido vanílico, ácido protocatéquico, ácido ferúlico, epicatequina, catequina e quercetina foram identificados, promovendo uma caracterização mais completa.

Tabela 4. O perfil de compostos fenólicos solúveis e insolúveis (mg/100g base seca) da polpa de juçara e suas frações processadas.

Componente	Extrato analisado	Polpa integral	Polpa centrifugada	Polpa pasteurizada
Cianidina-3-O-glicosídeo		155,26 ± 11,08 ^b	116,17 ± 5,17 ^c	231,10 ± 2,72 ^a
Cianidina-3-O-rutinosídeo		1.523,17 ± 23,84 ^a	845,63 ± 41,12 ^b	1.642,08 ± 72,77 ^a
Antocianinas totais		1.678,43 ± 34,92	961,8 ± 9,29	1.873,18 ± 75,49
Ácido 4-hidroxibenzóico	<i>Fenólicos solúveis</i>	5,38 ± 0,00 ^c	9,82 ± 0,21 ^b	13,45 ± 0,27 ^a
Ácido sirínico		2,24 ± 0,05 ^b	2,51 ± 0,08 ^b	10,39 ± 0,39 ^a
Ácido ferúlico		4,16 ± 0,22 ^b	6,01 ± 0,35 ^a	6,37 ± 0,18 ^a
Ácido vanílico		16,77 ± 0,39 ^c	31,80 ± 0,54 ^a	23,09 ± 0,08 ^b
Ácido protocatéquico		0,91 ± 0,05 ^b	1,52 ± 0,04 ^b	39,47 ± 0,14 ^a
Epicatequina		ND	ND	13,45 ± 0,27
Catequina		18,73 ± 0,39 ^c	39,61 ± 0,06 ^a	28,95 ± 0,43 ^b
Subtotal		48,19 ± 1,1	91,27 ± 1,28	135,17 ± 1,76
Ácido 4-hidroxibenzóico	<i>Fenólicos insolúveis</i>	29,95 ± 0,08 ^a	3,14 ± 0,14 ^b	1,85 ± 0,00 ^c
Ácido protocatéquico		19,16 ± 0,23 ^a	13,07 ± 0,41 ^b	3,99 ± 0,04 ^c
Ácido sirínico		0,39 ± 0,01	ND	ND
Ácido ferúlico		10,39 ± 0,04 ^a	1,04 ± 0,02 ^b	0,59 ± 0,02 ^c
Ácido p-cumárico		1,32 ± 0,04	ND	ND
Ácido vanílico		2,84 ± 0,13 ^a	1,46 ± 0,04 ^b	0,45 ± 0,02 ^c
Epicatequina		0,73 ± 0,05	ND	ND
Catequina		5,35 ± 0,48	ND	ND
Quercetina		0,61 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,00 ^b	ND
Luteolina		0,36 ± 0,01	ND	ND
Subtotal		71,1 ± 0,77	18,89 ± 0,61	6,88 ± 0,08
Total*		1.797,72 ± 36,79	1.071,96 ± 48,18	2.015,23 ± 77,33

Valores expressos em mg/100g base seca. ND: não detectado. Médias com letras iguais na mesma linha não

diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. *Valores referentes a soma dos compostos fenólicos encontrados nas amostras (cianidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3-O-rutinosídeo, ácido p-cumarico, ácido protocatecuico, ácido siríngico, ácido ferúlico, ácido vanílico, ácido 4-hidroxibenzóico, epicatequina, quercetina e catequina)

Todos esses compostos já foram relatados na polpa de juçara por outros autores (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; DA SILVA CAMPELO BORGES *et al.*, 2011; INADA *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2014; SOUSA DE BRITO *et al.*, 2007), porém nenhum estudo anterior identificou e quantificou esses compostos fenólicos antes e após as etapas de centrifugação e pasteurização da polpa de juçara.

Os fenólicos solúveis foram predominantes na polpa integral e nas frações processadas centrifugada e pasteurizada, representando, respectivamente, cerca de 96%, 98% e 99%, do conteúdo total de compostos fenólicos, sendo as antocianinas a classe mais abundante. Resultados semelhantes foram observados por Inada *et al.* (2015) que encontraram cerca de 95% de fenólicos solúveis ao investigar os compostos bioativos e a composição química da polpa de juçara. Os autores constataram ainda que a abundância relativa de fenólicos solúveis pode ser explicada pelo menor teor de fibras presente na polpa em relação a fruta inteira e a semente.

Em frutas e hortaliças são prevalentes as formas conjugadas solúveis de compostos fenólicos. Isso ocorre devido as interações entre os fenólicos ligados a porções de açúcares ou a componentes estruturais da parede celular dessas matrizes, como pectina, celulose e principalmente as fibras alimentares (ACOSTA-ESTRADA; GUTIÉRREZ-URIBE; SERNA-SALDÍVAR, 2014; LE BOURVELLEC; GUYOT; RENARD, 2009; PADAYACHEE *et al.*, 2012a, 2012b).

A cianidina-3-O-glicosídeo e a cianidina-3-O-rutinosídeo foram encontradas exclusivamente como formas solúveis em todas as frações da polpa. Já a quercetina e a luteolina foram encontrados somente após o processo de hidrólise, sendo exclusivamente como formas insolúveis. Esses resultados estão de acordo com os dados de distribuição e classificação fenólicas obtidos por Acosta-Estrada; Gutiérrez-Uribe; Serna-Saldívar (2014) e Inada *et al.* (2015).

O teor de fenólicos totais da polpa de juçara integral (1.797,72 mg/ 100g base seca) foi superior ao relato por Inada *et al.*, (2015) (1.783 mg/100g base seca), e inferior ao encontrado por Silva *et al.*, (2014a) e De Brito *et al.* (2007), que constataram os seguintes valores, respectivamente: 4087 mg e 2956 mg/100g base seca. No entanto, Bicudo *et al.* (2014)

constatarem resultados inferiores aos reportados (244 mg/ 100g base seca). Fatores como a maturação (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014), a origem geográfica (BORGES *et al.*, 2011) e as diferenças nas metodologias analíticas executadas (INADA *et al.*, 2015) podem afetar os teores de compostos fenólicos da polpa de juçara e explicar as variações observadas.

Após o processo de centrifugação, houve uma redução de 40% do conteúdo total de compostos fenólicos. Isso pode ter ocorrido pela retenção de parte da polpa na peneira da centrífuga, diminuindo o conteúdo desses compostos, como já mencionado no presente trabalho. O ácido p-cumárico, a epicatequina e a luteolina não foram identificados após a centrifugação.

Valores superiores foram encontrados por Pereira *et al.* (2020) ao avaliar a polpa de juçara filtrada, processo semelhante ao de centrifugação. Os autores constataram o total de 3.184,82 mg/100g base seca de compostos fenólicos na polpa de juçara filtrada através da análise por HPLC.

Em relação à pasteurização, foi observado um aumento de 88% no teor de compostos fenólicos totais na polpa pasteurizada, sendo a maior contribuição proveniente do conteúdo das antocianinas. Além da quercetina, a luteolina, e o ácido p-cumárico também não foram identificados na polpa pasteurizada, assim como na fração centrifugada.

Esse resultado corrobora com os obtidos por Da Rocha *et al.* (2023), que ao avaliar os efeitos da pasteurização e da radiação gama durante o armazenamento da polpa de juçara, constataram que os teores de cianidina-3-rutinosídeo, cianidina-3-glicosídeo e a capacidade antioxidante não foram alterados quando comparados ao controle após 60 dias de armazenamento, sendo o processo de pasteurização o mais indicado para reduzir perdas de compostos fenólicos na polpa de juçara refrigerada.

Conforme Ribeiro (2018), além de promover um produto mais estável microbiologicamente, a pasteurização, pode conferir maior estabilidade física, melhorando, por exemplo, características como a viscosidade do produto. Isso contribui para a obtenção de um produto com concentrações relevantes de compostos fenólicos, propiciando uma maior preservação dos mesmos.

A cianidina-3-O-rutinosídeo foi o composto fenólico mais abundante na polpa de juçara integral (85%) e frações centrifugada (79%) e pasteurizada (81%), seguida da cianidina-3-O-glicosídeo que representou cerca de 9% para a polpa integral e 11% para as frações processadas em relação ao conteúdo total de compostos fenólicos. Esses resultados estão de acordo com os da literatura que descrevem essas duas antocianinas como as majoritárias encontradas na polpa

de juçara (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; BORGES *et al.*, 2011; INADA *et al.*, 2015).

Os resultados obtidos por meio da análise por CLAE-DAD seguiram a mesma tendência dos encontrados pelos métodos espectrofotométricos, mostrando também o aumento significativo ($p > 0,05$) do conteúdo total de compostos fenólicos da polpa de juçara após a pasteurização (2.015,23 mg/ 100g base seca), porém com quantidades distintas.

De acordo com o princípio de funcionamento, o método de Folin-Ciocalteu pode ser considerado uma medida de capacidade antioxidante total, uma vez que os compostos fenólicos são os antioxidantes mais abundantes em muitas frutas. No entanto, pode superestimar o conteúdo fenólico total, quantificando outros compostos além dos fenólicos, como tióis, vitaminas, aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, ácidos graxos insaturados, carboidratos, ácidos orgânicos, íons inorgânicos, complexos metálicos, aldeídos e cetonas (EVERETTE *et al.*, 2010).

5.2 Secagem da polpa de juçara

A produção do pó da polpa de juçara foi realizada sem adição de agentes carreadores, assim como no trabalho de Pereira *et al.* (2020), relatado como o primeiro estudo a conduzir a secagem dessa maneira. Segundo os autores, a ausência de um material encapsulante não interferiu na qualidade do produto, gerando um pó rico em compostos bioativos, de boa estabilidade e com potencial como corante natural e antioxidante a ser utilizado pela indústria de alimentos.

No entanto, há na literatura estudos consistentes a respeito da secagem da polpa de juçara por *spray dryer* usando diferentes tipos materiais encapsulantes como: gelatina, goma arábica, maltodextrina, inulina, oligofrutose, amido, proteína do soro do leite e proteína de soja (BICUDO *et al.*, 2015; GUERGOLETTI; BUSANELLO; GARCIA, 2017; LACERDA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019; PAIM *et al.*, 2016b; SANTANA *et al.*, 2016). Dessa forma, os resultados do presente trabalho foram também comparados aos já relatados para a polpa de juçara em pó com agentes encapsulantes.

5.2.1 Teste preliminar de secagem em *spray dryer* de escala laboratorial

O rendimento do processo de secagem no *spray dryer* de escala laboratorial foi de 19,27%, que conforme Bhandari *et al.* (1997), não pode ser considerado um bom resultado, tendo em vista que uma secagem por atomização bem sucedida apresenta, em geral, 50% de recuperação do pó.

Os resultados encontrados por Pereira *et al.* (2020) foram consideravelmente superiores aos relatados neste estudo e aos comumente observados em *spray dryers* de escala laboratorial. Ao investigar a possibilidade de obtenção de um pó da polpa de juçara, sem adição de agente carreador, os autores obtiveram o rendimento do processo de 66%. No entanto, houve diferenças em relação ao preparo da amostra e a configuração do sistema de secagem. O diâmetro do poro da peneira utilizada na filtração da polpa foi maior (1,8 mm) do que o da malha de nylon utilizada na centrifugação deste estudo (150 µm). Isso conseqüentemente facilitou a passagem de mais sólidos pela peneira. O bico atomizador de 2 mm de diâmetro utilizado, foi maior do que o do presente estudo (1mm), o que também pode ser considerada uma condição favorável para o maior rendimento do processo, pela redução da adesão do material ao equipamento e possibilitando o não entupimento.

De acordo com Tonon (2009), para obter um melhor rendimento da secagem é importante que se faça uma otimização considerando as características do líquido de alimentação (viscosidade, teor de sólidos, tamanho das gotas, taxa de alimentação) e do ar de secagem (temperatura, pressão), assim como o tipo e mecanismo de funcionamento do atomizador.

Dessa forma, a fim de realizar o *scale up* do processo de secagem da polpa de juçara a partir das condições do teste em escala laboratorial, optou-se pela utilização do *spray dryer* de escala piloto.

5.2.2 Secagem em *spray dryer* de escala piloto

O processo de secagem por *spray dryer* em escala piloto obteve rendimento de 54,13%. Não foi utilizado material de parede, sendo essa etapa um escalonamento do processo laboratorial. Conforme Bhandari *et al.* (1997), um processo eficiente de secagem por atomização é aquele que apresenta 50% de recuperação do pó.

De Oliveira Ribeiro *et al.* (2021) ao avaliarem as principais características de micropartículas obtidas a partir de um extrato do coproduto de juçara encapsulado com amido modificado, maltodextrina e proteína do soro do leite, encontraram valores superiores a 55% em relação ao rendimento do processo.

Resultados semelhantes ao do presente estudo foram obtidos por Lacerda *et al.* (2016) que encontraram rendimentos entre 21,5 e 53,1% na microencapsulação da polpa de juçara por *spray dryer*, utilizando amido octenil succinato de sódio, inulina e/ou maltodextrina como agentes carreadores e também por Tonon *et al.* (2008) que relataram rendimentos entre 34 e

55% após microencapsulação do suco de açaí em diferentes condições operacionais utilizando maltodextrina como material de parede.

Quando comparada a outras polpas de frutas tropicais, a polpa de juçara apresenta baixa quantidade de carboidratos (55,41% base seca) e ácidos orgânicos ($0,38 \pm 0,04$ ácido cítrico, base úmida), que de acordo com Pereira *et al.* (2020) são características que facilitam a secagem por *spray dryer*, mesmo sem a adição de agentes carreadores, promovendo um bom rendimento do processo.

5.2.3 Compostos fenólicos e capacidade antioxidante

A Tabela 5 apresenta a caracterização da polpa de juçara pasteurizada utilizada para alimentação do *spray dryer*, da polpa em pó obtida após a secagem e a retenção de compostos bioativos.

Tabela 5. Compostos bioativos e capacidade antioxidante da polpa de juçara pasteurizada, do pó e a retenção de compostos bioativos.

Componente analisado	Polpa pasteurizada	Polpa em pó	Retenção (%)
Compostos fenólicos totais (mg AGE/100g)	24.692,32 \pm 973 ^b	26.701,89 \pm 662 ^a	108,14
Antocianinas totais (mg cianidina-3-glicosídeo/ 100g)	2.939,51 \pm 18 ^a	2.809,47 \pm 132,24 ^a	95,58
Capacidade antioxidante ABTS (μ mol de Trolox/g)	2.840,17 \pm 30,68 ^a	2.616,11 \pm 73,41 ^b	92,11

Valores expressos em base seca. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A polpa em pó obtida apresentou um aumento significativo ($p < 0,05$) na concentração de compostos fenólicos com retenção superior a 100% (Tabela 5). Em condições semelhantes de secagem e quantificação por método espectrofotométrico, Pereira *et al.* (2020) encontraram resultados inferiores para polpa de juçara em pó (14.305 mg AGE/100 g) com perda de 10% na retenção desses compostos (90%).

Ribeiro *et al.* (2021) ao trabalharem com micropartículas obtidas pela mistura do extrato do coproduto de juçara com diferentes materiais de parede encontraram valores mais baixos de compostos fenólicos totais (1.221 a 1.229 mg AGE/100 g), assim como Franceschinis *et al.* (2014) para micropartículas de suco de amora (657 mg AGE/100 g).

Em relação as antocianinas monoméricas totais, não houve diferença estatística ($p > 0,05$) e a retenção foi de 95% (Tabela 5), dessa forma a temperatura não teve efeito sobre o teor de antocianinas. Conforme Ibrahim Silva *et al.* (2013), valores de retenção de antocianinas acima de 80% são considerados altos e importantes para a produção industrial do pigmento, demonstrando estabilidade.

Pereira *et al.* (2020) ao analisar a polpa de juçara em pó sem agente carreador, encontraram o total de antocianinas monoméricas igual a 7079 mg cianidina-3-glicosídeo/100 g e retenção de 113 % após a secagem. Enquanto Lacerda *et al.* (2016) e Paim *et al.* (2016b), encontraram valores de antocianinas em polpa de juçara microencapsulada iguais a 330 e 2.420 mg/100 g, respectivamente, e Ferrari *et al.* (2012) de 130 mg a 433 mg/100 g, em polpa de amora-preta em pó.

Resultados referentes à retenção de antocianinas também foram relatados por Tonon *et al.* (2008) para a polpa de açaí microencapsulada com maltodextrina (77-86%); Bicudo *et al.* (2015) para a polpa de juçara microencapsulada com maltodextrina, goma arábica e gelatina (64-88%) e Ferrari *et al.* (2012) para o suco de amora-preta em pó produzido com diferentes concentrações de maltodextrina (69-80%).

Teores mais baixos de compostos fenólicos e capacidade antioxidante podem ser encontrados em amostras microencapsuladas, devido à presença de materiais de parede que promovem a diluição do teor de compostos bioativos, além das diferenças entre as matérias-primas (TONON; BRABET; HUBINGER, 2009).

Quanto à capacidade antioxidante, avaliada pelo método ABTS, houve a retenção de 92%, mostrando diminuição de 8% após a secagem ($p < 0,05$). Pereira *et al.* (2020) obtiveram a retenção maior após a atomização da polpa de juçara (109%).

Conforme Garcia (2016), a redução da capacidade antioxidante não se deve unicamente à perda de atividade das partículas com o processo de secagem por *spray dryer*, mas pode ter relação com o rendimento de secagem obtido, que origina perdas de compostos fenólicos responsáveis pela atividade antioxidante.

A análise por HPLC do pó permitiu identificar e quantificar 7 compostos fenólicos. Destes, quatro eram compostos não-antocianínicos, sendo três derivados do ácido hidroxibenzóico (ácidos 4-hidroxibenzóico, vanílico, siríngico e protocatéquico) e um derivado do ácido hidroxicinâmico (ácido ferúlico), enquanto que dois eram compostos antocianínicos (cianidina-3-O-glicosídeo e cianidina-3-O-rutinosídeo), sendo os mais abundantes no pó. A Tabela 6 mostra a composição e quantificação fenólica da polpa pasteurizada e em pó, e a

retenção de compostos bioativos por HPLC.

Assim como no estudo de Pereira *et al.* (2020), a análise por HPLC do pó seguiu a mesma tendência das análises realizadas por métodos espectrofotométricos, demonstrando altas retenções de compostos bioativos, porém com valores distintos. Como mencionado anteriormente, retenções acima de 80%, indicam que o processo de secagem foi promissor (IBRAHIM SILVA *et al.*, 2013).

Tabela 6. Compostos fenólicos antociânicos e não-antociânicos da polpa pasteurizada e em pó, e a retenção de compostos bioativos por HPLC.

Composto fenólico (mg/100g base seca)	Polpa pasteurizada	Polpa em pó	Retenção (%)
Cianidina-3-O-glicosídeo	231,10 ± 2,72 ^b	317,39 ± 19,96 ^a	137,33
Cianidina-3-O-rutinosídeo	1.642,08 ± 72,77 ^b	2.151,75 ± 136,10 ^a	131,04
Total de antocianinas (mg/100 g b.s)	1.873,18 ± 74,99	2.469,14 ± 156,06	131,81
Ácido 4- hidroxibenzóico	15,3 ± 0,27 ^b	20,76 ± 0,34 ^a	135,68
Ácido siríngico	10,39 ± 0,39 ^a	0,19 ± 0,00 ^b	1,83
Ácido ferúlico	6,96 ± 0,20 ^b	11,36 ± 0,12 ^a	163,21
Ácido vanílico	23,54 ± 0,10 ^b	32,7 ± 0,29 ^a	138,91
Ácido protocatequico	43,46 ± 0,18 ^b	45,74 ± 0,48 ^a	105,24
Epicatequina	13,45 ± 0,27	ND	-
Catequina	28,95 ± 0,43	ND	-
*Total de compostos fenólicos (mg/ 100 g b. s)	2.015,23 ± 77,33	2.579,89 ± 157,29	128,01

Valores expressos em mg/100g base seca. ND: não detectado. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Valores referentes a soma dos compostos fenólicos encontrados nas amostras (cianidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3-O-rutinosídeo, ácido protocatequico, ácido siríngico, ácido ferúlico, ácido vanílico, epicatequina e catequina)

Cerca de 96% da composição fenólica do pó corresponde as antocianinas, caracterizando o composto principal do produto. Isso também foi observado para a polpa integral e frações centrifugada e pasteurizada, como já mostrados anteriormente na Tabela 4 do presente estudo.

As antocianinas estão entre os principais compostos relacionados à grande capacidade de eliminação de radicais livres do fruto juçara, havendo uma correlação positiva com a capacidade antioxidante observada conforme os estudos na literatura, a qual se atribui os mecanismos protetores associados aos benefícios desses compostos a saúde (BICUDO *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2015, 2016).

Os outros compostos identificados pertencem a classe dos ácidos fenólicos (ácidos 4-hidroxibenzóico, ferúlico, siríngico, vanílico e protocatequico) e dos flavonóis (epicatequina e catequina) também responsáveis pela atividade antioxidante que através do consumo regular na

alimentação, são capazes de contribuir com potenciais benefícios à saúde, pelos efeitos antimicrobianos, quimiopreventivos, cardioprotetores, anti-inflamatórios e antiobesidade que promovem (MORAIS *et al.*, 2022; SHAMANIN *et al.*, 2022).

Diferentes estudos na literatura abordam a identificação bem como a quantificação de compostos fenólicos por HPLC, contudo, é importante ressaltar que as condições de análise diferem conforme o estudo. Garcia *et al.* (2019) analisaram a farinha da casca de juçara e identificaram um total de dezenove compostos fenólicos dentre eles, dezessete eram não antociânicos, sendo dois ácidos fenólicos, quatro flavonóis, seis flavonas e cinco flavonóis; enquanto que as duas moléculas de antocianinas eram derivadas de glicosídeo de cianidina, assim como neste trabalho.

Pereira *et al.* (2020), trabalharam em condições semelhantes à deste estudo e identificaram para o pó da polpa de juçara concentrações maiores de compostos fenólicos, porém com valores de retenção menores, quando comparados com o presente trabalho, dentre eles estavam: cianidina-3-glicosídeo, cianidina-3-rutenosídeo, ácido protocatéquico, ácido 4-hidroxibenzóico, catequina, ácido vanílico, epicatequina, ácido ferúlico, rutina e luteolina.

De acordo com Silva (2018), as divergências encontradas entre os trabalhos, bem como a concentrações dos compostos identificados ou a sua ausência, está diretamente relacionada com a diferença nas condições de extração, sensibilidade do equipamento, metodologias utilizadas entre outros, podendo assim ser considerados aspectos para a diferença de resultados.

5.2.4 Propriedades físicas do pó

Na Tabela 7 são apresentados os resultados relativos aos parâmetros físicos do pó obtido.

Tabela 7. Propriedades físicas da polpa de juçara em pó.

Propriedades	Valores
A _a	0,28 ± 0,03
Umidade (%)	2,9 ± 0,04
Densidade aparente (g/cm ³)	0,32 ± 0,04
Densidade absoluta (g/cm ³)	0,48 ± 0,05
Porosidade (%)	33,13 ± 0,04
Higroscopicidade (g água/kg/min)	0,1868
L*	19,31 ± 0,52
a*	7,42 ± 0,23
b*	-2,34 ± 0,15
C*	7,78 ± 0,18
°H	343,30 ± 0,66

A atividade de água (A_a), cor instrumental, higroscopicidade, porosidade, solubilidade e densidade aparente são parâmetros que devem ser considerados no desenvolvimento de novos ingredientes em pó utilizados pela indústria de alimentos, sendo otimizados para alcançar uma produção eficaz e um bom produto (LACERDA *et al.*, 2016; TONTUL; TOPUZ, 2017).

A vida útil do produto está relacionada a atividade de água (A_a), pois afeta o crescimento microbiano e as reações de degradação enzimática e não enzimática. A distribuição e tamanho de partículas estão relacionadas as propriedades físico-químicas que influenciam a solubilidade em água e higroscopicidade (LACERDA *et al.*, 2016).

Os valores de atividade de água (A_a) e umidade apresentados pelo produto em pó (Tabela 7) estão coerentes com os encontrados por Barroso *et al.*, (2019); Bicudo *et al.* (2015); Ferrari *et al.* (2012); Lacerda *et al.* (2016) e Pereira *et al.* (2020), sendo considerado adequado para esse tipo de produto. Os autores observaram para A_a resultados inferiores a 0,3 e para o teor de umidade, valores menores que 5% para as micropartículas produzidas nos estudos.

A umidade inferior a 3% associada ao valor de A_a próximo a 0,3, sugere que o produto em pó obtido apresenta pouca água disponível para a ocorrência de reações químicas e crescimento microbiano, aspectos essenciais no que diz respeito a estabilidade e estocagem dos pós.

Conforme Ferrari *et al.* (2012), o uso de temperaturas mais altas, como as da secagem por *spray dryer*, implica em uma maior taxa de transferência de calor para as partículas, o que leva a uma maior evaporação de água do produto, resultando em pós com baixa umidade.

Outra propriedade relevante que deve ser considerada em produtos em pó, é a densidade. A densidade aparente considera o volume do material sólido e todos os poros fechados ou abertos para a atmosfera, ou seja, considera todos os espaços. Já a densidade absoluta corresponde a real densidade do sólido, sem considerar os espaços presentes entre as partículas.

A polpa de juçara em pó apresentou baixa densidade sendo a densidade aparente igual a 0,32 g/cm³ e a densidade absoluta de 0,48 g/cm³ (Tabela 7). Resultados semelhantes foram observados por Secolin *et al.* (2017), Paim (2013), Bicudo *et al.* (2015) e Franceschinis *et al.* (2014) avaliando pós de chá verde (*Camellia sinensis*); de polpa de juçara microencapsuladas por *spray dryer* e de suco de amora em pó atomizado com uma mistura de maltodextrina e trealose como material de parede, respectivamente.

Valores maiores de densidade aparente foram encontrados por Pereira *et al.* (2020) ao analisar a polpa de juçara em pó atomizada sem material de parede (0,42 g/cm³); por Tonon (2009) que encontrou variações entre 0,37-0,48 g/cm³ para densidade aparente e 1,491-1,531

g/cm³ para a absoluta do suco em pó de açaí microencapsulado com diferentes agentes carreadores. Santana *et al.* (2016) relataram valores de densidade aparente entre 0,45 e 0,50 g/cm³ e da absoluta entre 1,11 a 1,21 g/cm³ de microcápsulas contendo polpa de juçara em pó e diferentes agentes carreadores.

Nos processos industriais o conhecimento da densidade de um produto é importante nos ajustes das condições de processamento, embalagem, armazenamento e transporte, indicando a quantidade de material, em peso, que um determinado volume contem (BARROSO *et al.*, 2014). Quanto mais pesado o material, mais facilmente ele se acomoda nos espaços entre as partículas, ocupando um menor volume e resultando, assim, em uma maior densidade, o que seria desejável (TONON, 2009).

Um produto de baixa densidade aparente pode não ser atrativo devido a necessidade de maior volume para embalagem. Além disso, o produto estará em contato com maior quantidade de ar, aumentando a possibilidade de oxidação do alimento (BARROSO *et al.*, 2014; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

No entanto, de acordo com Secolin (2014) pós com baixa densidade, como o obtido neste estudo, podem ser interessantes por apresentar ótimas propriedades de fluxo e de compressão, atributos importantes para a indústria de alimentos que pode agregar potencial tecnológico ao produto.

Uma propriedade importante que está diretamente relacionada com a densidade é a porosidade que se refere a área de superfície dos produtos em pó. O material seco é susceptível a reações de oxidação e quanto menor a sua densidade, maior o número de espaços entre as partículas (poros). Isso implica na presença de maior quantidade de oxigênio, favorecendo uma degradação mais rápida do composto protegido e reduzindo a estabilidade de armazenamento.

Nesse sentido, a porosidade intergranular obtida do pó de juçara foi desejável, sendo considerada baixa, o que representa menor quantidade de ar entre as partículas e reduzida suscetibilidade a oxidação dos compostos presentes na superfície delas.

O valor de porosidade observado na Tabela 7 está de acordo com os reportados por Paim (2013) e Koç *et al.* (2014), e inferior aos relatados nos estudos de Santana *et al.* (2017); Santana; Oliveira; Telis (2016) e Tonon; Brabet; Dupas Hubinger (2013). Mas, é importante considerar que as diferenças de valores encontradas nos estudos podem ser justificadas pela utilização de diferentes métodos para a determinação da porosidade.

A higroscopicidade do pó da polpa de juçara está descrita na Tabela 7. O resultado foi apresentado como a taxa de adsorção de umidade em g de água/ kg de pó/ min, calculada

conforme a inclinação da curva mostrada na Figura 9. Os dados mostraram que para as primeiras 2 horas do teste de higroscopicidade, a adsorção de umidade do pó de juçara variou linearmente com o tempo, se mantendo baixa e estável e, portanto, o produto pode ser considerado pouco higroscópico.

Um comportamento semelhante foi observado por Paim *et al.* (2016a) para as formulações microencapsuladas de polpa de juçara com misturas de 50% maltodextrina e 50% de inulina ou oligofrutose, e por Tonon; Freitas; Hubinger (2011) para as amostras de suco de açaí atomizado usando maltodextrina e goma arábica como agentes carreadores.

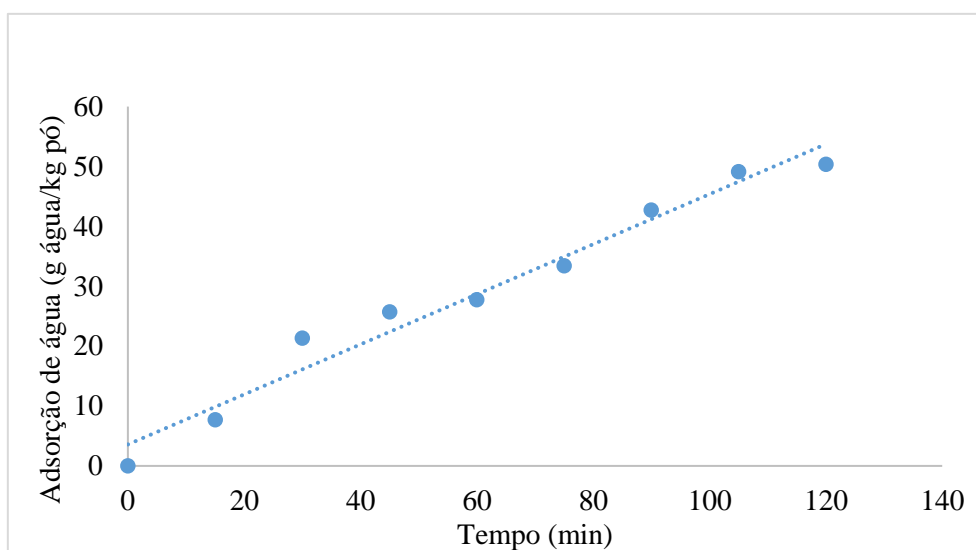


Figura 9. Avaliação da higroscopicidade da polpa de juçara em pó ao longo do tempo.

De acordo com Tonon; Brabet; Hubinger (2008), produtos em pó com baixa higroscopicidade tem menor tendência a adsorver água e a causar viscosidade. Geralmente, a higroscopicidade de um pó está relacionada a sua composição, ao tipo e concentração dos agentes carreadores quando utilizados e ao tamanho das partículas do produto, influenciando os processos de manuseio, processamento, estocagem e consumo (DU *et al.*, 2014; MISHRA; MISHRA; MAHANTA, 2014).

É importante considerar que mesmo sem a adição de agentes carreadores, normalmente utilizados nos estudos com produtos secos por *spray dryer*, a fim de reduzir a higroscopicidade e proteger componentes sensíveis das condições desfavoráveis do ambiente, o pó obtido demonstrou ser pouco higroscópico, sugerindo ser estável, confirmando a eficiência da possibilidade de sua aplicação em alimentos sem a necessidade de material de parede.

O maior teor de gordura que a polpa de juçara apresenta em relação as outras frutas e a remoção de componentes solúveis e higroscópicos, como açúcares e ácidos orgânicos, pelo

processo de centrifugação prévia realizado na etapa inicial do estudo, pode ter contribuído com o comportamento menos higroscópico do pó.

Um dos parâmetros físicos mais importante a ser avaliado em produtos em pó é o tamanho de partículas. Esse parâmetro físico pode influenciar o escoamento dos pós, a mistura de componentes, a compactação e a segregação de uma mistura, na qual as partículas menores permanecem distribuídas na parte inferior e as maiores, na parte superior (O'HAGAN *et al.*, 2005). Além disso, essas propriedades influenciam significativamente as propriedades essenciais dos produtos alimentícios, como cheiro, textura e aparência (KOÇ *et al.*, 2014).

As propriedades físicas do alimento em pó são altamente dependentes do tamanho e distribuição de partículas (BARBOSA-CÁNOVAS; HARTE; YAN, 2012). Dessa forma, materiais particulados produzidos por *spray dryer* são caracterizados utilizando o diâmetro de Brouckere (D [4,3]), que corresponde ao diâmetro equivalente a uma esfera de mesmo volume, a fim conhecer o tamanho das partículas produzidas.

Segundo Tonon *et al.* (2009), a dispersão do tamanho das partículas é geralmente mais importante do que o diâmetro médio, pois influencia aspectos de processamento, manuseio e vida útil do produto em pó.

O diâmetro médio D [4,3] do pó da polpa de juçara encontrado foi de 12,38 μm . A Figura 10 apresenta o gráfico com a distribuição do tamanho de partículas do pó estudado. O pó apresentou distribuição unimodal, ou seja, com um pico predominante, assim como também apresentado nos estudos de Paim *et al.* (2016a) e Pereira *et al.* (2020).

Estudando micropartículas de polpa de juçara, Lacerda *et al.* (2016), apresentaram valores de diâmetros médios com variações até 12,08 μm , bem semelhantes ao encontrado neste estudo, e Paim *et al.* (2016b) encontraram diâmetros variados e menores, com médias entre as formulações de 9,13; 6,80; 8,76 e 6,23 μm . Tonon; Brabet; Hubinger (2008), trabalhando com açaí em pó, constataram o valor de diâmetro médio igual a 13,27 μm , ligeiramente maior ao encontrado no presente trabalho.

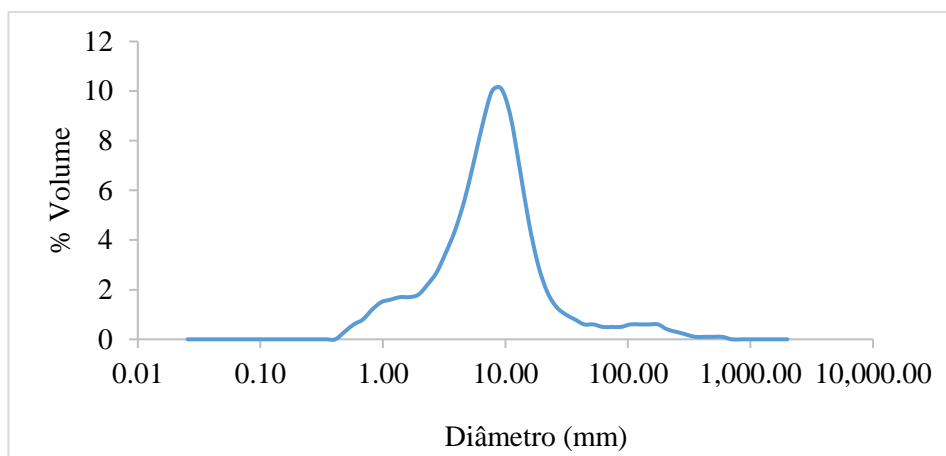


Figura 10. Gráfico de dispersão do tamanho de partícula do pó de juçara obtido.

Ferrari; Ribeiro; Aguirre (2012) encontraram diâmetros médios variando de 13,33 a 34,18 μm em amostras de suco de amora-preta em pó, produzidas utilizando diferentes temperaturas de secagem (160 °C ou 180 °C) e concentrações de maltodextrina (5, 15 ou 25%).

A formação de partículas de diâmetros médios maiores pode ter relação com a utilização de maiores temperaturas de secagem no processo de secagem por atomização, pois o tempo de secagem é menor, promovendo a formação mais rápida de uma estrutura, o que evita o encolhimento das partículas durante a secagem. Já em temperaturas mais baixas, a partícula encolhe e, conseqüentemente, o diâmetro diminui, o que justificaria resultados de diâmetros médios mais baixos (FERRARI; RIBEIRO; AGUIRRE, 2012; NIJDAM; LANGRISH, 2006; TONON; BRABET; HUBINGER, 2008)

De acordo com Pagani (2010), embora não exista uma correlação entre estabilidade e tamanho de partícula, alguns estudos associaram partículas maiores a maior retenção de núcleo, uma vez que maiores diâmetros correspondem a menores áreas superficiais, ou seja, menor área de exposição das partículas ao oxigênio do ar, resultando em maior estabilidade do produto. O aumento da área superficial das partículas causa maior afinidade com a umidade e maior capacidade de aglomeração durante o processo de secagem.

Os resultados para a análise de cor do pó da polpa de juçara indicaram que a amostra é visivelmente roxa e os parâmetros de cor avaliados através da análise de cor instrumental corresponderam a uma cor predominantemente roxo escuro. A luminosidade (L^*) da amostra apresentou o valor baixo (19,31), como era de se esperar, devido a cor característica da matéria-prima. O parâmetro L^* abaixo de 50 indica amostras mais escuras (MARINHO *et al.*, 2019a).

Quando comparado ao pó da polpa de juçara obtido por Pereira *et al.* (2020), sob condições de secagem semelhantes, o valor de L^* encontrado indica que a amostra do presente

trabalho é um pouco mais clara. A tendência ao vermelho e ao azul é indicada pelo valor de $a^*(+)$ e $b^*(-)$ encontrados. O valor do $^{\circ}H$, próximo de 360° , mostra a tonalidade vermelho-púrpura, que corresponde a cor global do produto. Essas características são decorrentes da concentração de antocianinas presentes na polpa de juçara.

Conforme Schulz *et al.* (2015), as antocianinas se acumulam nos frutos de juçara durante o amadurecimento e alteram sua cor de vermelho para roxo e, em seguida, para preto azulado. Dessa forma, quando a amostra apresenta tendências para os tons preto e azul, com baixa coloração vermelha, pode ser indicativo de estágio avançado de maturação dos frutos que foram utilizados para produzir a polpa congelada.

Bicudo *et al.* (2015) obtiveram valores de L^* , a^* e b^* superiores ao deste estudo, evidenciando que as amostras de polpa de juçara microencapsulada ficaram mais claras devido a utilização dos diferentes agentes carreadores (gelatina goma arábica e maltodextrina).

Lacerda *et al.* também encontraram valores maiores para os parâmetros de cor analisados nas micropartículas de polpa de juçara produzidas com carboidratos encapsulantes, que apresentaram uma coloração predominantemente vermelha com valores de a^* variando de 10,9 a 25,2; de b^* entre -0,8 a 3,9 e de L^* entre 23,9 e 46,5.

Em um estudo com micropartículas de amora-preta produzidas com maltodextrina, goma arábica e a mistura entre elas, os valores de L^* (36,0–39,9), a^* (19,1–23,4) e b^* (3,6–3,9) também foram superiores aos observados neste estudo (FERRARI; RIBEIRO; AGUIRRE, 2012), assim como Tonon; Brabet; Hunbinger (2009) encontraram a coloração mais clara para a polpa de açaí microencapsulada com maltodextrina (10DE) ao verificar valores mais altos para os parâmetros de cor avaliados ($L^* = 54,5$; $a^* = 10,8$; $b^* = 2,4$).

As diferenças encontradas entre os estudos podem estar relacionadas à adição de carboidratos (maltodextrina, goma arábica e amido), como agentes encapsulantes, que interferem na cor do pó, tornando-o mais claro e com a tonalidade vermelha mais evidente, devido à cor predominantemente branca.

5.3 Aplicação do ingrediente em pó em sorvete de frutas vermelhas

5.3.1 Análise de expectativa do consumidor para a determinação do teor ideal de polpa de juçara em pó em sorvete de frutas vermelhas como corante natural

Cento e noventa participantes responderam o questionário *online*, sendo 71,58% dos consumidores do sexo feminino e 28,42% do masculino, com idade entre 18 e 65 anos e 45,26%

com renda familiar de 1 a 5 salários mínimos. Na Tabela 8 está descrito o perfil sócio demográfico dos participantes.

Tabela 8. Perfil sócio demográfico dos participantes que responderam ao questionário online.

	n	%
Gênero		
Feminino	136	71,58
Masculino	54	28,42
Idade		
18-25 anos	14	7,37
26-35 anos	63	33,16
36-45 anos	48	25,26
46-55 anos	42	22,11
56-65 anos	17	8,95
>65 anos	6	3,16
Renda familiar*		
1 a 5 SM	86	45,26
>5 a 10 SM	46	24,24
>10 a 20 SM	36	18,95
>20 a 30 SM	15	7,89
>30 SM	7	3,68

*SM (salário mínimo) = R\$1.100,00

A Figura 11 apresenta o perfil dos consumidores extraídos do questionário online referente a frequência de consumo de sorvete em geral.

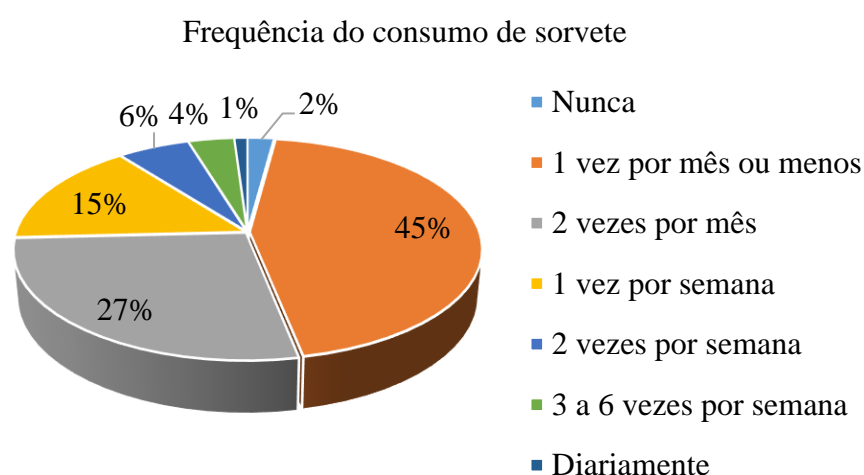


Figura 11. Frequência de consumo de sorvete dos participantes que preencheram o questionário online.

Foi possível constatar que a frequência de consumo de sorvete dos participantes observada neste estudo é relativamente baixa. Os dados atualizados da ABIS (2021) relataram que, em 2021, o consumo brasileiro *per capita* foi de 4,73 litros e o consumo anual de litros de sorvete atingiu a 1.006 milhões. Desse volume, cerca de 20 a 30% representam os sorvetes de base láctea. Os aspectos como poder aquisitivo, condições climáticas e hábitos culturais interferem na frequência do consumo de sorvetes.

A expectativa de aceitação e a percepção de ideal para aparência geral e cor do sorvete de frutas vermelhas aumentaram significativamente com o aumento da concentração da polpa de juçara em pó na formulação (Tabela 9). Os resultados demonstraram que a amostra com maior teor de pó (F2) foi a que obteve as maiores médias em todos os quesitos avaliados.

Tabela 9. Notas médias de aceitação sensorial para cor, aparência geral e expectativa do consumidor das formulações de sorvetes de frutas vermelhas com diferentes teores de polpa em pó de juçara.

Formulação	Cor*	Aparência geral*	Expectativa**
F0	5,17 ± 2,09 ^c	5,45 ± 2 ^c	5,61 ± 1,82 ^c
F1	6,71 ± 1,66 ^b	6,66 ± 1,71 ^b	6,63 ± 1,61 ^b
F2	7,03 ± 1,62 ^a	7,06 ± 1,53 ^a	7,11 ± 1,43 ^a

Média com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

*Escala ideal de aceitação para cor e aparência geral: escala hedônica variando de 1-desgostei extremamente até 9-gostei extremamente. **Escala ideal de expectativa de aceitação: variando de 1- desgostei, 5 - não sei se gostei ou se desgostei, 9 – gostei extremamente

Por meio da análise sensorial observou-se que a formulação controle (sem a polpa de juçara em pó) não foi bem aceita pelos consumidores e a formulação com 0,2% de polpa de juçara em pó foi a que apresentou a maior aceitação em relação à cor e aparência global. As notas da cor e aparência geral da formulação F2 foram significativamente maiores (p<0,05) do que a formulação controle F0 (sem a polpa de juçara em pó, somente com o preparado de frutas vermelhas).

Por meio da análise dos índices de aceitação sensorial (IA) da cor e da aparência geral do produto desenvolvido, a formulação escolhida foi a F2 que apresentou os maiores índices de aceitação entre as formulações estudadas (Tabela 10). O IA da cor da formulação F2 foi de 78,1% e da aparência geral foi de 78,4%, sendo ambos acima do valor do índice de aceitação mínimo que é de 70%.

Tabela 10. Índices de aceitação das formulações de sorvetes de frutas vermelhas controle e da F2 que foi escolhida.

Formulação	Cor*	Aparência geral*
F0	57,4%	60,6%
F2	78,1%	78,4%

O sorvete de frutas vermelhas com adição de corante de juçara atomizada desenvolvido foi bem aceito sensorialmente. Sendo a formulação com 0,2% de juçara em pó a que obteve maior aceitação sensorial, com médias de 7,03 para o atributo cor e de 7,06 para aparência geral (em uma escala hedônica de 1 a 9). Para a formulação controle (sem polpa de juçara) as notas foram de 5,17 (cor) e 5,45 (aparência geral). Houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as formulações com e sem adição da polpa de juçara. As notas da análise sensorial evidenciaram que os consumidores gostaram da cor e da aparência geral do sorvete de frutas vermelhas com 0,2% de polpa de juçara atomizada como corante natural e que a formulação controle (sem polpa de juçara) não obteve uma boa aceitação sensorial, evidenciando a importância do reforço da cor do sorvete de frutas vermelhas com o corante natural de juçara.

A formulação com 0,2% de pó de juçara (F2) alcançou o valor médio mais alto (mais próximo de 9,0 nota mais alta) em todos os atributos avaliados, diferindo estatisticamente das demais amostras, conforme a percepção dos consumidores deste estudo.

A amostra controle (somente com o preparado de frutas vermelhas) sem adição da polpa em pó de juçara (F0) obteve as menores notas para todos os atributos avaliados, não tendo uma boa aceitação, sendo rejeitada pelos consumidores. Com relação a cor e aparência, os consumidores deram notas médias equivalente a “não gostei, nem desgostei”. Ressalta-se que todas as formulações continham a mesma concentração de preparado de frutas vermelhas (30%).

Entre as três formulações foi observado variação significativa ($p < 0,05$) para os atributos avaliados. Pinho (2019) avaliando os atributos de aceitação global, aparência e sabor de sorvetes sem e com diferentes concentrações de farinha da casca de jabuticaba, também observou diferenças significativas entre os aspectos avaliados conforme o aumento do teor de farinha de casca de jabuticaba nas amostras.

Por meio da análise de correspondência foi observado a associação realizada, pelos participantes, entre os sabores de frutas com cores variando entre vermelho e vinho/roxo e as imagens das formulações do sorvete estudadas. A representação gráfica do resultado pode ser observada na Figura 12.

Os participantes associaram o sabor morango à imagem do sorvete sem adição da polpa de juçara em pó (F0), como observado no quadrante superior esquerdo. Os sabores de framboesa e frutas vermelhas foram relacionados a imagem da formulação com 0,1% da polpa em pó de juçara (F1), posicionada no quadrante inferior esquerdo. Por fim, no quadrante superior direito, os sabores de mirtilo, jabuticaba, açai e uva roxa foram correlacionados a imagem da formulação com 0,2% de pó adicionado (F2). O sabor de amora foi posicionado no quadrante inferior direito demonstrando baixa correlação com a imagem da F2.

Esse resultado sugere que a polpa de juçara em pó, quando adicionada em mistura para sorvetes, pode proporcionar um efeito de corante natural contribuindo com a coloração para os sorvetes de frutas vermelhas correspondentes neste estudo, agregando valor ao produto que comumente é adicionado de corantes artificiais para atingir a coloração atrativa.

Neste trabalho, a formulação com adição de 0,2 % (F2) de polpa em pó de juçara obteve os melhores resultados e, portanto, foi a selecionada para dar prosseguimento ao estudo.

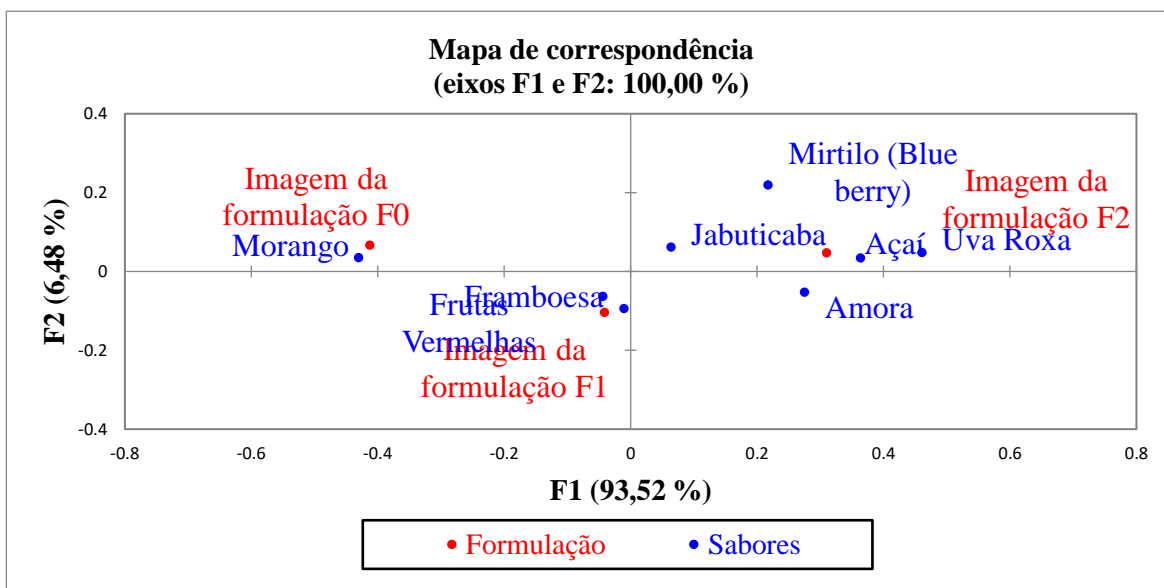


Figura 12. Mapa de correspondência associação entre as diferentes formulações e as imagens das frutas vermelhas. F0: formulação sem adição da polpa em pó de juçara (controle); F1: formulação com adição de 0,1% de polpa de juçara em pó; F2: formulação com adição de 0,2% de polpa de juçara em pó.

5.3.2 Caracterização físico-química do sorvete elaborado com 0,2% de polpa de juçara em pó

A adição da polpa de juçara em pó não interferiu no pH, no conteúdo de sólidos totais e

solúveis e na acidez total do sorvete em comparação com a formulação controle (F0). Na Tabela 11 é possível observar que não houve diferença significativa entre as formulações controle (F0) e com adição de 0,2% de polpa de juçara em pó (F2).

Tabela 11. Determinação de pH, acidez total e sólidos solúveis das formulações F0 e F2.

Componente	F0	F2
pH (g/100g)	5,69 ± 0,02 ^a	5,71 ± 0,01 ^a
Sólidos Solúveis (°Brix)	19,46 ± 0,5 ^a	19,00 ± 0,1 ^a
Sólidos Totais (g/100g)	20,67 ± 1,38 ^a	19,62 ± 0,11 ^a
Acidez (g ácido cítrico/100g)	0,20 ± 0,2 ^a	0,23 ± 0,01 ^a

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os sorvetes apresentaram valores de pH variando de 5,69 a 5,71 e acidez bem baixa. Resultados semelhantes com relação aos valores de pH foram encontrados por Lamounier *et al.* (2015) em sorvetes com adição de 0 e 5% de farinha de jabuticaba. Rebouças (2019), em sorvetes adicionados de pó da casca de pitaiá liofilizado, não observou diferenças significativas entre as amostras com e sem a aplicação do pó.

Segundo Goff e Hartel (2013), o pH do sorvete depende do teor de sólidos não gordurosos do leite presente na formulação. Quanto maior é esse percentual, maior é a acidez e, conseqüentemente, menor é o pH. A adição ingredientes com acidez elevada, dependendo da sua quantidade adicionada, também irá interferir no valor de pH.

O percentual de sólidos solúveis obtido variou entre 19,00 °Brix (F0) e 19,46 °Brix (F2), não foi observada diferença significativa em relação à amostra adicionada do pó. Isso pode ter ocorrido devido a pequena quantidade de polpa de juçara em pó adicionada (0,2%), que não interferiu no percentual de sólidos.

Lamounier *et al.* (2015), analisando sorvetes enriquecidos com farinha da casca de jabuticaba encontraram valores mais altos de sólidos solúveis totais, variando de 34 a 36 °Brix. Os valores elevados observados foram devido ao açúcar adicionado.

Resultados demonstraram que a formulação F2 apresentou valor calórico total igual a 100 kcal/ 100g, sendo carboidratos 12,85%, proteína 1,85% e gordura 4,62%. A formulação apresentou baixos teores de cinzas e fibra alimentar sendo 0,68% e 1,3%, respectivamente, e o teor de umidade foi de 79%. A Tabela 12 apresenta a composição centesimal do sorvete elaborado.

Tabela 12. Composição centesimal da formulação do sorvete com adição de 0,2% de polpa em pó de juçara (F2).

Componente	F2
Umidade (g/100 g)	78,70
Proteínas (g/100 g)	1,85
Carboidratos (g/100 g)	12,85
Lipídeos (g/100 g)	4,62
Fibra Alimentar (g/100 g)	1,30
Cinzas (g/100 g)	0,68
Valor Calórico (kcal/100 g)	100,38

Valores expressos em base seca.

Em relação a composição em calorias e nutrientes de cada sorvete, há variações conforme os tipos de ingredientes utilizados em sua formulação. Por exemplo, os produtos lácteos podem ser feitos com diferentes quantidades de leite e adicionados de castanhas e caldas que proporcionam maiores ou menores teores de proteínas, vitaminas, minerais, fibras, probióticos e valor calórico. Por outro lado, os sorvetes à base de frutas podem variar quanto aos tipos e quantidade de vitaminas, minerais e fibras, dependendo dos tipos de frutas utilizadas (REGO; VIALTA; MADI, 2021).

5.3.3 Cor instrumental

Uma das principais características que atrai a atenção do consumidor em sorvetes é a cor, um importante atributo para que um produto seja aceito. Os resultados das coordenadas de cor estão apresentados na Tabela 13. Não foram observadas diferenças significativas em relação as coordenadas de cor com a adição da polpa em pó de juçara.

Tabela 13. Coordenadas de cor instrumental das formulações de sorvetes F0 e F2.

Coordenada	F0	F2
L*	69,34 ± 6,60 ^a	68,03 ± 0,61 ^a
a*	8,88 ± 3,29 ^a	7,60 ± 0,26 ^a
b*	6,86 ± 0,35 ^a	7,56 ± 0,65 ^a
C*	11,34 ± 2,59 ^a	10,72 ± 0,63 ^a
h°	39,26 ± 10,32 ^a	44,80 ± 1,67 ^a

Resultados expressos como médias ± desvio padrão. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. **L*** = luminosidade (0 = preto e 100 = branco). **a*** (-80 até zero = verde, do zero ao +100 = vermelho). **b*** (-100 até zero = azul, do zero ao +70 = amarelo). **C*** chroma. **h°** ângulo hue.

Entre os parâmetros de cor instrumental avaliados, verifica-se que a luminosidade (L^*) das formulações variou entre 68 e 69, valores considerados altos, que caracterizam cores mais claras por estarem próximos ao branco. A coordenada L^* refere-se à luminosidade da amostra, podendo variar de 0 (preto) a 100 (branco). Assim, quanto maior o valor de L^* , maior a luminosidade do produto e mais claro ele se apresenta.

A coordenada a^* foi positiva para as duas amostras, variando entre 7,60 e 8,88, indicando a coloração vermelha nas formulações. A coordenada b^* obtida foi 6,86 na formulação sem corante e 7,56 na amostra com adição de corante, indicando a coloração amarela, provavelmente pela quantidade de leite na composição do produto. Além disso, os valores médios do ângulo h° confirmaram a tonalidade vermelho arroxeada das formulações, característica da pigmentação das antocianinas das diferentes frutas vermelhas utilizadas na formulação do sorvete (morango, amora e juçara).

5.3.4 *Overrun* e teste de derretimento

O *overrun* determina o quanto de ar foi incorporado ao sorvete durante o batimento, que se caracteriza pelo aumento percentual do volume em relação à mistura “calda” utilizada para produção do sorvete. O *overrun* é um parâmetro de extrema importância, diretamente relacionado à qualidade do sorvete, podendo afetar aspectos como o derretimento e a maciez do produto (AKBARI; ESKANDARI; DAVOUDI, 2019).

No presente trabalho, a taxa de incorporação de ar variou de 20,27% (F2) a 20,76 % (F0), sendo possível constatar que a adição do pó de juçara não afetou o resultado do *overrun*, quando comparado à formulação controle. Segundo Goff e Hartel (2013), a incorporação de ar deve ser, no mínimo, de 10 a 15%, podendo ser acima de 50%. Portanto, as formulações apresentadas neste estudo obtiveram *overrun* maiores que o mínimo.

Carlos *et al.* (2019) encontraram valores de *overrun* de 37,5% para sorvete tradicional; 50% para sorvete sem gordura com 0,4% de farinha de casca de maracujá, e 52,5% para sorvete sem gordura adicionado de 0,8% de farinha de casca de maracujá. No entanto, Junior (2008) encontrou valores que oscilaram de 30 a 40% para sorvetes com adição de ingredientes especiais, como quitosana quimicamente modificada e extrato de aveia.

A incorporação de ar das formulações de sorvete deste estudo foram inferiores às encontradas por Carlos *et al.* (2019) e Junior (2008). Petkova *et al.* (2022) observaram *overrun* ainda mais baixos (variando de 8,11 a 12,32%), ao avaliar o efeito de diferentes porcentagens de polpa de pêssego em pó em sorvetes adoçados com estévia.

Segundo Góral *et al.* (2018), valores baixos de *overrun* em sorvetes provavelmente estão relacionados ao baixo teor de proteína da formulação. O que corrobora os resultados encontrados neste estudo, a formulação estudada apresentou baixo teor de proteína (1,85%). Conforme Senanayake *et al.* (2013), sorvetes de frutas (como o desenvolvido nesta pesquisa) apresentam baixas taxas de incorporação de ar.

O tipo de equipamento utilizado na produção do sorvete também está relacionado com *overrun*. Geralmente, as produtoras de sorvete em bateladas de pequeno porte, como a utilizada no presente trabalho, incorporam uma menor quantidade de ar em comparação com as produtoras contínuas (CHANG; HARTEL, 2002; LAMOUNIER *et al.*, 2015; PINHO, 2019).

Os resultados do teste de derretimento ao longo de 60 minutos podem ser observados na Figura 13. O gráfico mostra a massa de sorvete derretida (em gramas) em função do tempo em minutos. Conforme Petkova *et al.* (2022), quanto mais lento for o derretimento, melhor é o comportamento do produto.

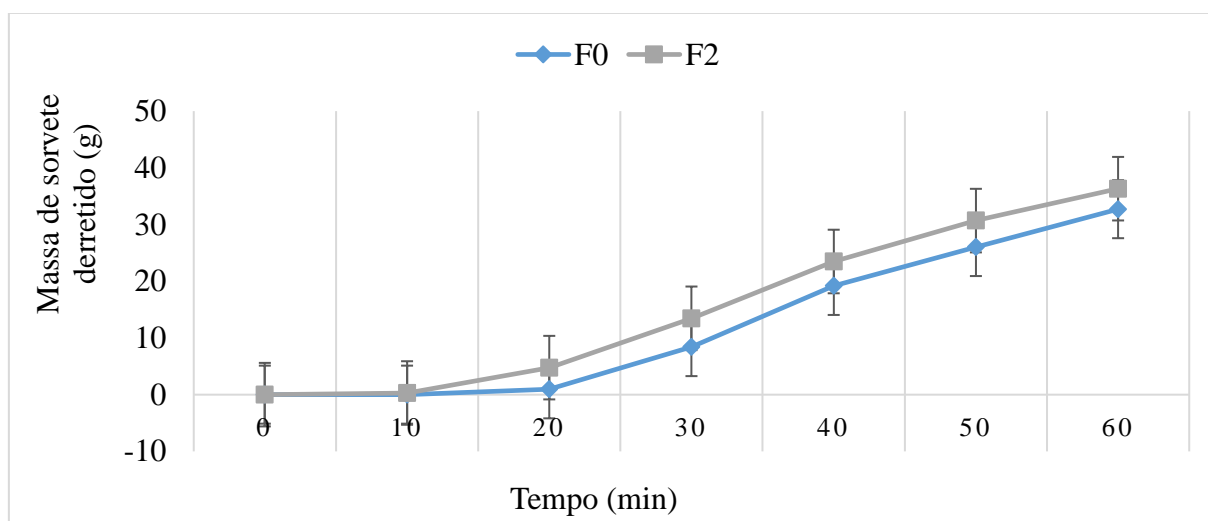


Figura 13. Teste de derretimento das formulações de sorvete F0 (sem a adição do pó de juçara) e F2 (com adição de 0,2% de pó).

As duas formulações apresentaram comportamentos bastante semelhantes. Foi possível constatar que a formulação F0 apresentou um derretimento mais lento quando comparada a formulação F2. A manutenção da estrutura do sorvete é essencial para garantir a textura única do produto. Ao derreter, os cristais de gelo do sorvete derretem, as bolhas de ar que estavam dispersas são perdidas, e ocorre a separação de fases devido ao colapso da estrutura do produto. A estabilidade da emulsão do sorvete é mantida pelo congelamento, garantindo a aparência e qualidade do produto (PINHO, 2019).

5.3.5 Compostos fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante

Os teores dos compostos bioativos e a capacidade antioxidante presentes nos sorvetes sem (F0) e com adição da polpa de juçara em pó (F2) estão apresentados na Tabela 14. A adição de 0,2% de pó de juçara contribuiu para um aumento significativo ($p < 0,05$) de 47% no teor de compostos fenólicos totais, 20% no teor de antocianinas totais e 50% na capacidade antioxidante agregando valor nutricional e funcional ao produto.

Tabela 14. Compostos fenólicos totais, antocianinas monoméricas e capacidade antioxidante por ABTS⁺ nas formulações sem e com adição de polpa de juçara em pó.

Determinações	F0	F2
ABTS (μmol de Trolox equivalente/g)	$5,65 \pm 0,37^b$	$8,38 \pm 0,84^a$
Compostos fenólicos totais (mg AGE /100 g)	$61,58 \pm 2,37^b$	$124,58 \pm 3,17^a$
Antocianinas monoméricas totais (mg cianidina-3-glicosídeo/100 g)	$9,38 \pm 1,34^a$	$10,12 \pm 2,14^a$
Antocianinas totais (mg/100 g)	$16,99 \pm 1,55^b$	$21,46 \pm 0,85^a$

F0: formulação sem adição e polpa em pó de juçara. F2: formulação com adição de polpa em pó de juçara. Média na mesma linha com letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Foi possível observar que com o aumento do teor de compostos fenólicos na formulação F2, houve também aumento significativo na capacidade antioxidante do produto, o que confirma a correlação positiva entre compostos fenólicos e capacidade antioxidante de frutas e vegetais (JACOBO-VELÁZQUEZ; CISNEROS-ZEVALLOS, 2009).

Pereira (2020), ao adicionar 0,5% de polpa em pó de juçara em uma bebida de maçã integral, proporcionou a adição de 52,99 mg cianidina-3-glicosídeo/200 mL resultou na mudança de cor do suco que passou de amarelo para roxo, indicando a possibilidade de aplicação do pó como ingrediente funcional.

Nascimento *et al.* (2018), após adicionar 2% de farinha da casca de uva em um sorvete de uva, constataram um aumento de 52% no teor de compostos fenólicos totais, 9% no teor de antocianinas (equivalentes cianidina-3-glicosídeo/100 g) e uma maior capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺, quando comparado com o sorvete sem a adição da farinha da casca de uva.

Sabe-se que a ingestão de compostos fenólicos vem sendo amplamente recomendada devido à contribuição à saúde, uma vez que o consumo de alimentos contendo estes compostos

tem sido associado à diminuição do risco de incidência de doenças crônicas não transmissíveis, como doenças cardiovasculares e síndrome metabólica (NORBERTO *et al.*, 2013; ZHU *et al.*, 2015); de câncer (FRESCO *et al.*, 2009; VERMA; SINGH; MISHRA, 2013); contribuição para a saúde intestinal (ARCHELA; ANTONIA, 2013) e no tratamento de complicações associadas à doença renal crônica (JANIQUES *et al.*, 2013).

As antocianinas, fração fenólica mais abundante na polpa de juçara, apresentam-se como agentes anti-inflamatórios e antioxidantes, além de ter outros efeitos protetores ao organismo humano (CARVALHO *et al.*, 2015). Razões estas, que justificam ainda mais o desenvolvimento de novos produtos com a utilização de frutas ricas em antocianinas, que, contribuem tanto para a valorização das frutas da biodiversidade brasileira quanto para uma alimentação mais saudável.

A utilização de polpas de frutas ricas em antocianinas, como a juçara, possibilita não se utilizar corantes artificiais na elaboração de diferentes produtos alimentícios. A coloração intensa contribui para o desenvolvimento de produtos atrativos tanto do ponto de vista sensorial quanto de saúde, uma vez que estudos tem relatado a associação de corantes artificiais com diversos distúrbios de saúde (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021b), como hiperatividade, transtornos compulsivo-obsessivo e de déficit de atenção em crianças, além de dermatite atópica e toxicidade hepática, entre outros (CAROCHO *et al.*, 2014; KAMAL; FAWZIA, 2018).

5.3.6 Perfil e teor de compostos fenólicos por HPLC

O perfil e os teores de compostos fenólicos dos sorvetes sem adição de polpa em pó de juçara (F0) e com adição do pó (F2) podem ser observados na Tabela 15.

Dez compostos fenólicos foram identificados nas formulações F0 e F2, sendo 3 antociânicos (cianidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3-O-rutinosídeo, pelargonidina-3-O-glicosídeo) e 7 não antociânicos (ácidos gálico, 4-hidroxibenzóico, siríngico, protocatéquico e *p*-cumárico, ácido elágico e rutina), porém, as quantidades foram distintas.

A adição de 0,2% da polpa em pó de juçara proporcionou ao sorvete de frutas vermelhas um aumento de 40% de compostos fenólicos totais (98,42 mg/100 g) e de 4 vezes no conteúdo de antocianinas totais (23,55 mg/100 g) por HPLC, quando comparado a formulação sem a adição do pó (Tabela 15). Dessa forma, a adição da polpa de juçara em pó pode ser uma alternativa para o enriquecimento de sorvetes com compostos bioativos.

Esses resultados corroboram com os de Pereira (2020), que também reportou o

aumento dos teores de compostos fenólicos e de antocianinas totais com a adição de 0,5% de polpa de juçara em pó em uma bebida integral de maçã (87,34 mg e 13,85 mg/ 200 mL, respectivamente), identificando como compostos majoritários, a cianidina-3-rutinosídeo e o ácido clorogénico, tendo sido identificados também o ácido 4-hidroxibenzóico, catequina, epicatequina e rutina.

Entre os compostos antociânicos, a cianidina-3-O-glicosídeo foi a fração majoritária da formulação controle (80%) e a cianidina-3-O-rutinosídeo da formulação F2 (63%) (Tabela 16). Com a adição da polpa de juçara em pó houve um aumento significativo ($p < 0,05$) do conteúdo de antocianinas totais. Isso se deve ao perfil de compostos fenólicos da polpa de juçara em pó em que cerca de 100% de sua composição foram de antocianinas, sendo 87% de cianidina-3-O-rutinosídeo, contribuindo para a diferença significativa constatada na formulação F2.

Adicionalmente, a pelargonidina-3-O-glicosídeo também foi identificada nas formulações. Isso possivelmente ocorreu, devido ao conteúdo predominante do morango na elaboração do preparado de frutas vermelhas para o sorvete, que apresenta a pelargonidina-3-O-glicosídeo, como a antocianina de maior concentração. Conforme Ornelas-Paz *et al.* (2013), a pelargonidina-3-O-glicosídeo é o composto majoritário do fruto quando atinge determinado nível de amadurecimento.

Arend *et al.* (2017), ao avaliar a concentração de compostos bioativos do suco de morango por nanofiltração, identificou por HPLC a pelargonidina-3-O-glicosídeo como a antocianina majoritária nas amostras. Jaster *et al.* (2018), ao produzir dois iogurtes com diferentes concentrações de polpa de morango (15 e 30%) concentrada por processo de congelamento em bloco, encontraram teores três vezes maiores de pelargonidina-3-O-glicosídeo (1,86 a 2,99 mg/100ml) quando comparados a iogurtes de duas marcas comerciais

Além das antocianinas, os ácidos 4-hidroxibenzóico, sirínico e protocatéquico também apresentaram aumento significativo ($p < 0,05$) com a adição da polpa de juçara. Entretanto, os ácidos gálico, elágico e a rutina não apresentaram diferenças entre as formulações com e sem o pó, e somente o ácido *p*-cumárico apresentou o conteúdo maior na formulação controle.

Considerando o conteúdo total de compostos fenólicos encontrado, ambas as formulações apresentaram os compostos não antociânicos como o grupo mais abundante, representando cerca de 92% do teor total de compostos fenólicos na F0 e 76% na F2,

conforme ilustrado na Figura 14. Isso pode ser explicado pela contribuição significativa do ácido elágico no perfil das duas formulações, sendo o composto majoritário ($p < 0,05$) tanto na fração solúvel como na insolúvel, representando cerca de 87% da F0 e 72% da F2.

Esse teor de ácido elágico mais abundante pode ter ocorrido, principalmente, pela presença do morango e da amora no preparado de frutas vermelhas utilizado na elaboração do sorvete, tendo em vista que esse composto é naturalmente encontrado em morango, romã, uvas muscadine, castanha, amora e framboesa (GONÇALVES, 2012) ou formado durante o processamento dos alimentos (PINTO, 2008).

Os elagitaninos são compostos fenólicos hidrossolúveis de alto peso molecular, ésteres do ácido hexahidroxidifênico e um açúcar (POUYSÉGU *et al.*, 2011). Quando expostos a ácidos e bases, a porção éster é hidrolisada e o ácido hexahidroxidifênico se rearranja espontaneamente originando o ácido elágico, insolúvel em água. Isso significa que a degradação dos elagitaninos em ácido elágico livre parece ocorrer durante o preparo da amostra e a extração, etapas importantes para a quantificação desse composto. A proporção é altamente variável e depende do tipo de alimento analisado (*in natura* ou processado), podendo chegar até 50% do teor total de ácido elágico em algumas amostras, comparando-se valores antes e após a hidrólise (GONÇALVES, 2012).

Tabela 15. Teores de compostos fenólicos na formulação controle (F0) e na formulação com polpa em pó de juçara (F2).

Compostos (mg/100g base seca)	Formulação controle (F0)		Formulação com 0,2% de pó (F2)			
			Fração solúvel			
<i>Antociânicos</i>						
Cianidina-3-O-glicosídeo	4,55 ± 0,08 ^{bA}				8,01 ± 0,20 ^{aB}	
Cianidina-3-O-rutinosídeo	0,42 ± 0,02 ^{bC}				14,74 ± 0,50 ^{aA}	
Pelargonidina-3-O-glicosídeo	0,69 ± 0,00 ^{bB}				0,80 ± 0,02 ^{aC}	
Total de antocianinas	5,66 ± 0,10^b				23,55 ± 0,72^a	
<i>Não antociânicos</i>						
	Fração solúvel		Fração insolúvel		Solúvel + Insolúvel	
	F0	F2	F0	F2	F0	F2
Ácido gálico	ND	ND	1,31 ± 0,03 ^{aB}	1,20 ± 0,08 ^{aB}	1,31 ± 0,03 ^a	1,20 ± 0,08 ^a
Ácido 4-hidroxibenzoico	ND	ND	0,41 ± 0,0 ^{bBC}	0,45 ± 0,01 ^{aBC}	0,41 ± 0,0 ^b	0,45 ± 0,01 ^a
Ácido siríngico	0,27 ± 0,01 ^{bB}	0,37 ± 0,01 ^{aB}	ND	ND	0,27 ± 0,01 ^b	0,37 ± 0,01 ^a
Ácido elágico	47,27 ± 2,94 ^{aA}	56,54 ± 1,67 ^{aA}	13,63 ± 0,69 ^{aA}	14,69 ± 0,52 ^{aA}	60,90 ± 3,63 ^a	71,23 ± 2,19 ^a
Ácido protocatéquico	0,32 ± 0,01 ^{bB}	0,49 ± 0,01 ^{aB}	0,38 ± 0,0 ^{bBC}	0,55 ± 0,01 ^{aBC}	0,7 ± 0,01 ^b	1,04 ± 0,02 ^a
Ácido <i>p</i> -cumárico	ND	ND	0,39 ± 0,0 ^{aBC}	0,14 ± 0,0 ^{bC}	0,39 ± 0,0 ^a	0,14 ± 0,0 ^b
Rutina	0,38 ± 0,01 ^{aB}	0,38 ± 0,0 ^{aB}	0,07 ± 0,0 ^{aC}	0,06 ± 0,0 ^{aC}	0,45 ± 0,0 ^a	0,44 ± 0,0 ^a
Total não antociânicos	48,24 ± 2,97	57,78 ± 1,69	16,19 ± 0,72	17,09 ± 0,62	64,43 ± 3,69	74,87 ± 2,31
Total de compostos fenólicos (mg/100g base seca)	F0		F2			
	70,09 ± 3,79		98,42 ± 3,03			

F0: formulação controle (sem adição de pó). F2: formulação com adição da polpa em pó de juçara. Valores expressos em mg/100g, base seca. ND: não detectado. Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os teores dos compostos fenólicos na mesma formulação (teste de Tukey, $p < 0,05$). Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha dentro da mesma fração indicam diferença significativa entre as formulações (teste de Tukey, $p < 0,05$). O total de compostos fenólicos se refere a soma dos compostos antociânicos e não antociânicos encontrados.

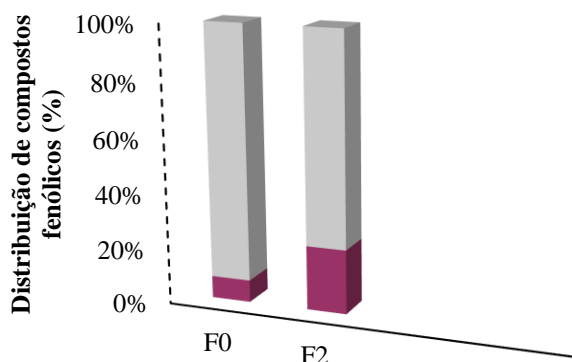


Figura 14. Distribuição do total de compostos fenólicos antociânicos (■) e não antociânicos (■) nas formulações controle e com adição de polpa em pó de juçara.

Os compostos fenólicos estão presentes nos alimentos como formas solúveis (agliconas e glicosídeos conjugados) e insolúveis. Nas formas insolúveis estão ligados covalentemente a componentes da parede celular, como celulose, lignina, hemicelulose e proteínas estruturais, assim como a outras moléculas como açúcares e até mesmo outros compostos fenólicos, sendo, portanto, detectados após hidrólise, pois não é possível sua extração por solventes orgânicos. Enquanto a hidrólise alcalina quebra as ligações éster, a ácida quebra as ligações glicosídicas (ACOSTA-ESTRADA; GUTIÉRREZ-URIBE; SERNA-SALDÍVAR, 2014).

Entre as formulações foram observados perfis semelhantes de distribuição dos compostos fenólicos nas frações solúvel e insolúvel. Em ambas, os compostos fenólicos estão majoritariamente na forma solúvel, representando cerca de 77% na F0 e 83% na F2, em relação ao teor total (Figura 15A), e cerca de 75% na F0 e 77% na F2, em relação ao conteúdo somente dos não antociânicos (Figura 15B). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2016), que encontrou, em média, 91% dos compostos fenólicos presentes na fração solúvel, ao investigar o perfil e os teores desses compostos em resíduos provenientes da produção do suco de jabuticaba

Dos compostos fenólicos identificados, cianidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3-O-rutinosídeo, pelargonidina-3-O-glicosídeo e ácido siríngico foram identificados somente na fração solúvel em ambas as formulações. Os ácidos elágico, protocatéquico e a rutina foram identificados nas frações solúvel e insolúvel e os ácidos gálico, 4-hidroxibenzóico e p-cumárico foram identificados somente após a hidrólise (forma insolúvel), em ambas as formulações. Isso provavelmente ocorreu, pois, esses compostos pertencem ao grupo dos ácidos fenólicos, que na sua maioria, estão ligados por meio de ligações éster ou éter a componentes estruturais da matriz e necessitam da hidrólise para serem liberados, como mencionado anteriormente (Tabela 15).

O elevado teor da fração solúvel pode ser explicado pela presença de frutas na composição das formulações, tendo em vista que a forma solúvel é predominantemente encontrada em frutas e vegetais. Além disso, os compostos fenólicos solúveis são mais biodisponíveis no organismo humano e, portanto, de maior relevância do ponto de vista biológico (ACOSTA-ESTRADA; GUTIÉRREZ-URIBE; SERNA-SALDÍVAR, 2014). A Figura 15 mostra a distribuição percentual das formas solúvel e insolúvel do teor de compostos fenólicos quantificado nas formulações.

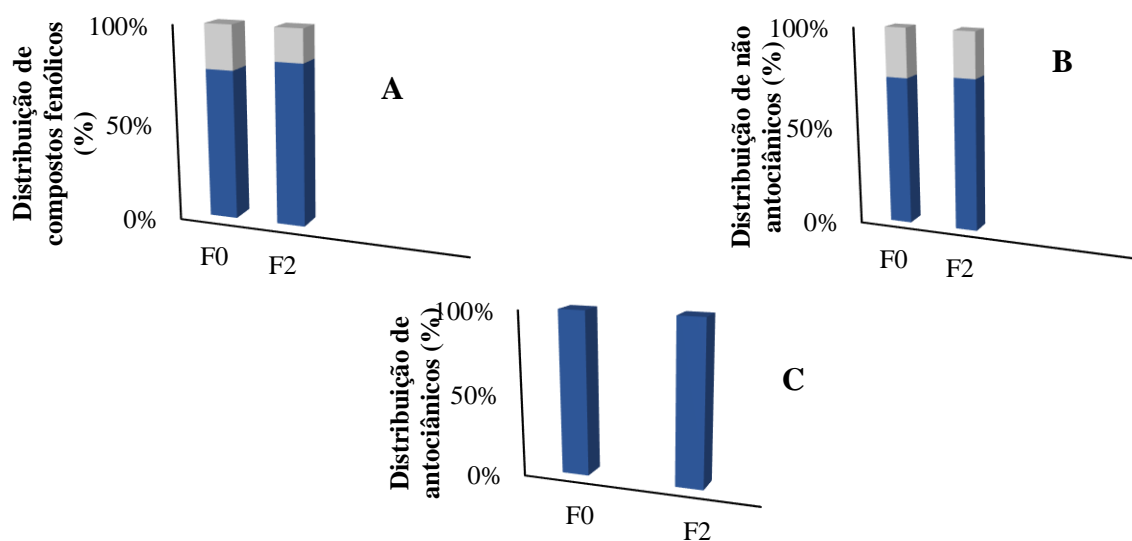


Figura 15. Distribuição das frações solúvel (■) e insolúvel (■) dos compostos fenólicos totais (A), não antociânicos (B) e antociânicos (C) das formulações F0 e F2.

Cabe ressaltar que o consumo dos compostos fenólicos identificados nestas formulações é recomendado para o bom funcionamento do organismo humano, devido à ação antioxidante, estabilizando ou até mesmo inibindo radicais livres que promovem o estresse oxidativo no organismo (PISOSCHI; POP, 2015). Dessa forma, os produtos desenvolvidos poderiam contribuir para o aumento da ingestão de compostos com potencial benefício à saúde.

5.3.7 Digestão simulada *in vitro*

Após a simulação da digestão gastrointestinal, o conteúdo total de compostos fenólicos (soma de todos os compostos encontrados) no sorvete com adição de polpa em pó de juçara (2740,87 mg/100 g b.s) foi superior quando comparado ao conteúdo da amostra não digerida (98,42 mg/100 g b.s) (Tabela 16).

Dos dez compostos fenólicos encontrados na F2 antes da digestão, sete foram identificados após a digestão *in vitro* (cianidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3-O-rutinosídeo, ácido gálico, ácido 4-hidroxibenzóico, ácido protocatéquico, ácido elágico e rutina). Além desses, a catequina foi observada somente na amostra digerida. A pelargonidina-3-O-glicosídeo e os ácidos siríngico e p-cumárico, que representaram cerca de 1,3% do teor total de compostos fenólicos na formulação não digerida (Tabela 17), não foram identificados após o processo.

Diante dos compostos observados após a digestão *in vitro*, ácido gálico, ácido 4-hidroxibenzóico, ácido protocatéquico, ácido elágico e rutina apresentaram maiores

concentrações em relação às presentes inicialmente na matriz. Isso pode ter ocorrido pela maior liberação desses compostos das estruturas celulares e/ou formação a partir de outros compostos fenólicos.

Conforme Nørskov *et al.* (2013), a bioacessibilidade superior a 100% de compostos fenólicos sugere que os mesmos foram liberados da matriz alimentar ou então metabolizados a partir de compostos fenólicos com estruturas mais complexas.

Tabela 16. Bioacessibilidade *in vitro* dos compostos fenólicos da F2.

Composto fenólico (mg/100g b.s)	Conteúdo antes da digestão (mg/100g b.s)	Conteúdo após a digestão (mg/100g b.s)	% B
Cianidina-3-O-glicosídeo	8,01 ± 0,20 ^{aC}	4,34 ± 0,01 ^{bD}	54,22
Cianidina-3-O-rutinosídeo	14,74 ± 0,50 ^{aB}	8,99 ± 0,07 ^{bD}	61,03
Pelargonidina-3-O-glicosídeo	0,80 ± 0,02 ^D	ND	-
Ácido gálico	1,20 ± 0,08 ^{bD}	348,63 ± 6,97 ^{aB}	29.169
Ácido siríngico	0,37 ± 0,0 ^{bD}	ND	-
Ácido protocatéquico	1,04 ± 0,02 ^{bD}	6,55 ± 0,19 ^{aD}	654,47
Ácido elágico	71,23 ± 2,19 ^{bA}	142,78 ± 0,06 ^{aC}	200,45
Ácido 4-hidroxibenzoico	0,45 ± 0,01 ^{bD}	1,90 ± 0,45 ^{aD}	423,75
Ácido p-cumárico	0,14 ± 0,0 ^D	ND	-
Catequina	ND	2.226,84 ± 18,62 ^A	-
Rutina	0,44 ± 0,0 ^{bD}	0,84 ± 0,45 ^{aD}	190,26
Concentração fenólica total (mg/100g b.s)	98,42 ± 3,03	2740,87 ± 26,82	

Valores expressos em médias e seus respectivos desvios padrões. %B: bioacessibilidade. ND: não detectado. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre o teor do composto fenólico identificado antes e após a digestão *in vitro* (teste de Tukey, $p < 0,05$). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os teores dos compostos fenólicos (teste de Tukey, $p < 0,05$).

A catequina, que não havia sido detectada inicialmente na F2, foi observada após a digestão simulada, apresentando a maior concentração em relação aos outros compostos ($p < 0,05$) (Tabela 16). Esse composto pode ter sido clivado de outros compostos fenólicos com estrutura mais complexa e, então, liberado da matriz e disponível para a absorção.

Conforme Mosele *et al.* (2016), a concentração muito elevada de catequina após a simulação da digestão gastrointestinal, pode ser resultado da hidrólise parcial de proantocianidinas em pH intestinal. No presente estudo, mesmo não tendo ocorrido a análise das proantocianidinas, sabe-se, segundo achados na literatura, que frutas vermelhas, como por exemplo, mirtilo, morango e amora, são ricas em proantocianidinas, além de antocianinas

(GAO *et al.*, 2012). Isso pode explicar o aparecimento e a elevada concentração desse composto fenólico, já que foram utilizados morangos e amoras na formulação do sorvete de frutas vermelhas.

O teor de ácido gálico apresentou um aumento expressivo após a digestão, e foi o composto que apresentou a maior bioacessibilidade (Tabela 16). O aumento na concentração pode ter ocorrido devido à liberação completa da matriz ou pela formação a partir da degradação de outros polifenóis mais complexos, que parecem estar conjugados aos constituintes da estrutura celular, tais como polissacarídeos e proteínas, sendo extraídos com o aumento do pH de acordo com o processo de digestão simulada *in vitro* (CUEVA *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2013).

De acordo com Mosele *et al.* (2015, 2016), o elevado teor de ácido gálico após a digestão pode ser atribuído à hidrólise parcial de galotaninos, conforme já relatado em estudos que investigaram o processo de digestão simulada *in vitro* de diferentes frutas. Ou pode ter sido originado pela hidrólise e modificações na estrutura fenólica durante o processo de digestão do ácido 4-hidroxibenzoico, tendo em vista que o ácido gálico é derivado desse ácido fenólico, assim como o ácido protocatéquico. Além disso, o ácido gálico também foi relatado como um produto derivado da degradação de flavonóis (CUEVA *et al.*, 2017).

Os galotaninos pertencem à classe de polifenóis dos taninos hidrolisáveis, que estão presentes em frutas como framboesa, cranberries, morangos, nozes, uvas e romã (MARÍN *et al.*, 2015). Embora os galotaninos não terem sido analisados nas amostras do presente estudo, já foi descrita na literatura a presença de compostos dessa classe na juçara (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014; GUERGOLETTA *et al.*, 2016; INADA *et al.*, 2015; SCHULZ *et al.*, 2017).

Silva (2016), ao investigar a bioacessibilidade dos compostos fenólicos em resíduos provenientes da produção de suco de jabuticaba por meio de modelos de digestão simulada *in vitro* e fermentação colônica *ex vivo*, relatou elevada bioacessibilidade de ácido gálico após a etapa gástrica da digestão *in vitro* (até 838 % em relação ao teor inicial), constatando que foi o composto fenólico de maior bioacessibilidade no resíduo do suco despulpado.

Ruiz-García *et al.* (2022), utilizando um modelo estático *in vitro* de digestão e fermentação colônica para analisar um extrato líquido concentrado obtido da uva *Alicante Bouschet*, também relataram notável aumento na bioacessibilidade do ácido gálico (4581%). No entanto, esse aumento foi atribuído ao catabolismo microbiano dos galotaninos observado após a fermentação colônica, etapa não realizada no presente trabalho.

As maiores concentrações e bioacessibilidades encontrados para alguns compostos fenólicos, após a simulação gastrointestinal *in vitro*, podem ser justificados pelas condições

durante a digestão gastrointestinal, como o ambiente ácido do estômago e o alcalino do intestino, e a ação de enzimas digestivas. Estas condições resultam em várias alterações na estrutura fenólica, tais como hidroxilação, metilação, isoprenilação, dimerização e glicosilação, assim como a formação de derivados fenólicos por degradação parcial da sua estrutura original, das formas combinadas ou pela quebra das ligações entre fenóis e açúcares, fazendo com que a bioacessibilidade destes metabólitos secundários seja altamente dependente do tipo e da quantidade destes na matriz vegetal. Isso pode afetar tanto a absorção posterior como também a atividade biológica (CHEN *et al.*, 2016).

Além disso, a matriz alimentar é um dos fatores mais importantes que influencia a bioacessibilidade de substâncias bioativas, promovendo ou dificultando a sua liberação, pois são inúmeros os influenciadores que interferem no desprendimento de um composto de sua matriz. Um exemplo, é a matriz alimentar láctea, como a do presente estudo, que pode afetar positivamente a estabilidade, a bioacessibilidade e a eficiência da absorção dos compostos fenólicos (OZKAN; CAPANOGLU; ESATBEYOGLU, 2022).

Conforme Lamothe *et al.* (2014), a presença de proteínas ou grandes peptídeos e gordura na estrutura de matrizes alimentares lácteas, pode manter a integridade de compostos fenólicos durante a digestão aumentando sua estabilidade e bioacessibilidade. Embora esses compostos sejam instáveis em ambiente gastrointestinal, eles podem ser protegidos por interações com proteínas lácteas durante a digestão, formando complexos polifenol-proteína. Com a hidrólise enzimática de proteínas em peptídeos, há a dissociação desses complexos, resultando na liberação de compostos fenólicos.

Em relação aos demais compostos fenólicos identificados, os menores valores de bioacessibilidade foram observados para as antocianinas. Apesar disso, 61% da cianidina-3-O-rutinosídeo e 54% da cianidina-3-O-glicosídeo estavam disponíveis para a absorção. A redução nos teores e a bioacessibilidade reduzida, pode indicar baixa extração/liberação desses compostos da matriz e/ou metabolização após a etapa gástrica da digestão.

É importante destacar que além de apresentar menor bioacessibilidade frente aos outros compostos fenólicos, já foi elucidado também na literatura, que as antocianinas, dentre as classes de compostos fenólicos, corresponde à que apresenta menor biodisponibilidade de suas formas intactas, e que, além disso, o estômago não é o sítio de absorção mais importante de todo o trato gastrointestinal (AMIN *et al.*, 2015; BOTO-ORDÓÑEZ *et al.*, 2014; CZANK *et al.*, 2013).

Sabe-se que as antocianinas são altamente sensíveis ao pH e o local preferencial para

sua absorção é a mucosa gástrica, devido ao meio ácido que confere maior estabilidade a esses compostos (PEIXOTO *et al.*, 2016). Entretanto, alguns estudos já demonstraram que condições salivares e gástricas podem também reduzir o teor de antocianinas (MOSELE *et al.*, 2016; QUATRIN *et al.*, 2020). Conforme Peixoto *et al.* (2016), essa degradação se torna ainda maior quando a fase oral, que precede a gástrica, é mais longa (10 minutos) do que a mastigação usual simulada (2 minutos).

De acordo com Victoria-Campos *et al.* (2022), a estabilidade também depende da estrutura da antocianina e do tipo de glicação. Os autores ainda ressaltaram que as antocianinas bioacessíveis se encontram na forma de cátion flavilium (coloração avermelhada), que durante a fase gástrica são altamente estáveis e de maior predominância. Porém, a recuperação diminui durante a digestão no intestino delgado, devido às condições alcalinas do meio, ao qual o cátion flavilium é convertido para a forma carbinol (incolor) e há também a formação de chalconas.

As reações ocorridas no ambiente gastrointestinal causadas por mudanças de pH durante a digestão *in vitro* e as interações dos compostos fenólicos com a matriz da amostra, estão relacionadas, por exemplo, com modificações estruturais das antocianinas com outras propriedades químicas (GUERGOLETTI *et al.*, 2016).

Sun *et al.* (2015), ao investigarem a bioacessibilidade *in vitro* de antocianinas de arroz roxo, observaram retenção superior a 85% destes compostos após a digestão gástrica, mostrando mínima influência desta etapa sobre estes pigmentos. Porém, ao avaliarem o efeito da etapa de digestão intestinal, observaram retenções entre 14 a 22%, demonstrando a instabilidade destes pigmentos em condições intestinais. Foram avaliadas neste estudo as seguintes antocianinas: cianidina-3,5-diglicosídeo, cianidina-3-glicosídeo, cianidina-3-rutinosídeo e a peonidina-3-glicosídeo.

Pereira (2020), ao realizar a digestão *in vitro* de um suco de maçã adicionado de polpa em pó de juçara (0,5%), constatou ao final da digestão, que cerca de 31% das antocianinas totais (1,47 mg cianidina-3-glicosídeo e 2,95 mg cianidina-3-rutinosídeo/200 g de suco de maçã com juçara) estavam disponíveis para a absorção, sendo a maior concentração encontrada após a digestão gástrica, quando comparada à digestão no intestino delgado.

Liu *et al.* (2014), após a etapa gástrica da digestão das antocianinas presente em mirtilos, não observaram degradação significativa. No entanto, na etapa de digestão intestinal, reportaram o percentual de degradação de 42% do conteúdo de antocianinas totais.

Resultados semelhantes foram constatados por Correa-Betanzo *et al.* (2014) que reportaram elevada estabilidade das antocianinas de mirtilos selvagens durante a digestão gástrica

simulada *in vitro* e redução de cerca de 50% do conteúdo destes compostos em comparação com a amostra não digerida, durante a digestão intestinal.

De acordo Correa-Betanzo *et al.* (2014) e Kosinska-Cagnazzo *et al.* (2015) é importante considerar, em relação às diversas condições fisiológicas do trato gastrointestinal, a absorção e a atividade dos inúmeros compostos fenólicos encontrados no contexto da matriz alimentar, compreendendo os fatores que afetam a bioacessibilidade desses compostos, sua importância biológica e a eficácia como ingredientes funcionais.

Dessa forma, o conhecimento sobre a bioacessibilidade dos compostos fenólicos presentes na matriz alimentar é fundamental para nortear o desenvolvimento de produtos de alto valor agregado, pois estabelece o entendimento a cerca dos compostos adicionados a formulação, além de ser indicação preditiva sobre as quantidades disponíveis destes para ser absorvidos, contribuindo com a funcionalidade do produto.

5.3.8 Estabilidade do sorvete elaborado com polpa de juçara em pó

Avaliando-se as coordenadas de cor instrumental das amostras do sorvete de frutas vermelhas com polpa de juçara em pó (Tabela 17), constatou-se que o tempo de armazenamento teve um efeito estatisticamente significativo nos valores de L^* , b^* e h° (ângulo Hue) ($p < 0,05$), e em relação aos parâmetros a^* e C^* não houve efeito significativo ao longo do armazenamento.

O valor de L^* (0 = preto, 100 = branco), representa o brilho/claridade da cor ou escurecimento (LUO, 2006). Dentre os tempos de armazenamento, verificou-se que houve variação dos valores da coordenada L^* (Tabela 17), indicando que ocorreu um escurecimento da cor do produto. Provavelmente, o resultado observado está relacionado com a presença das frutas utilizadas no preparado do sorvete e, a adição da polpa de juçara em pó. De acordo com Açu, Kinik, Yerlikaya (2017), a adição de extratos de frutas em sorvetes pode contribuir para o escurecimento do produto.

Tabela 17. Coordenadas de cor, antocianinas, teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante (ABTS) do sorvete de frutas vermelhas com 0,2% de polpa de juçara em pó durante o armazenamento.

Período (semana)	L*	a*	b*	C*	h°	ΔE	Antocianinas monoméricas totais (mg/100g)	Compostos fenólicos totais (mg AGE /100g)	ABTS (μmol de Trolox /g)
S1	54,85 ± 0,70 ^b	11,51 ± 0,27 ^a	2,84 ± 0,15 ^c	11,85 ± 0,30 ^a	13,87 ± 0,42 ^b	20,85	10,13 ± 2,14 ^a	124,58 ± 3,17 ^{ab}	5,00 ± 0,57 ^{ab}
S2	56,16 ± 0,12 ^{ab}	11,46 ± 0,03 ^a	2,65 ± 0,05 ^c	11,76 ± 0,04 ^a	13,00 ± 0,19 ^b	19,66	8,04 ± 3,54 ^a	139,14 ± 5,51 ^a	4,74 ± 0,11 ^{ab}
S3	59,83 ± 0,22 ^a	9,31 ± 0,46 ^a	3,54 ± 0,06 ^b	9,96 ± 0,45 ^a	20,85 ± 0,69 ^a	15,77	10,42 ± 0,68 ^a	109,84 ± 16,55 ^b	5,07 ± 0,40 ^b
S4	55,17 ± 0,05 ^b	11,78 ± 0,0 ^a	2,91 ± 0,05 ^c	12,13 ± 0,0 ^a	13,9 ± 0,23 ^b	20,58	9,55 ± 2,52 ^a	124,24 ± 2,21 ^{ab}	5,07 ± 0,58 ^{ab}
S5	60,05 ± 0,27 ^a	10,87 ± 0,1 ^a	4,2 ± 0,06 ^a	11,65 ± 0,08 ^a	21,14 ± 0,39 ^a	15,44	8,72 ± 1,35 ^a	119,98 ± 4,52 ^{ab}	4,33 ± 0,43 ^b
S6	57,82 ± 3,39 ^{ab}	12,91 ± 4,71 ^a	3,89 ± 0,24 ^{ab}	13,51 ± 4,58 ^a	17,77 ± 4,51 ^{ab}	17,96	10,53 ± 2,96 ^a	106,50 ± 2,87 ^b	6,55 ± 0,96 ^a

Valores obtidos em triplicata expressos como média ± desvio padrão. Sendo L: luminosidade (em escala de 0 = preto a 100 = branco); a*: variação do (-) verde ao (+) vermelho; b: variação do (-) azul ao (+) amarelo; C*: croma que representa o grau de concentração ou pureza da cor; h°: tonalidade das cores; ΔE: variação de cor. Média na mesma coluna com letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Em relação ao parâmetro b^* , indicador de azul-amarelo (+ b amarelo, - b azul), os valores variaram entre +2,65 e +4,2 (Tabela 18). A cor amarela pode ser explicada devido ao lipídeo do leite presente na formulação.

Moreira *et al.* (2017), em um estudo que avaliou as características físico-químicas, microbiológicas, funcionais e sensoriais de um produto que era a mistura de suco de juçara e manga, também observaram aumento do amarelo, indicativo dos valores apresentados para a coordenada b^* e atribuíram o resultado ao maior teor de lipídeos encontrado nas amostras, tendo em vista que foi utilizado maior teor de polpa de juçara na mistura.

Segundo Keenan *et al.* (2012), o parâmetro h° representa a cor real do produto observada pelo consumidor. Nesse sentido, esse parâmetro corresponde à tonalidade global e pode caracterizar a qualidade da cor. No presente trabalho, constatou-se o efeito significativo ($p < 0,05$) do tempo de armazenamento nos valores de h° , que apresentaram variações entre 13° a $21,14^\circ$ (Tabela 18), compreendendo as cores vermelho-purpura e vermelho.

O parâmetro a^* , indicador de verde-vermelho (+ a vermelho, - a verde), não foi afetado significativamente pelo tempo de armazenamento, apresentando médias com valores entre +9,34 a +12,91, que indicaram a estabilidade da coloração vermelho intenso da amostra ao longo do tempo.

Da mesma forma, para os valores de C^* , não se observou diferença significativa ($p > 0,05$) ao longo do período de armazenamento, demonstrando que a intensidade da cor do produto elaborado se manteve estável ao longo do tempo. A consistência dos resultados desses dois parâmetros (a^* e C^*) pode ser justificada pela presença das antocianinas da polpa de juçara em pó utilizada como corante natural. Esta estabilidade observada, indica que a polpa juçara em pó adicionada, não foi degradada no período de armazenamento, ou seja, manteve-se estável no produto estudado.

De maneira geral, os valores da coordenada a^* obtidos foram maiores que os valores encontrados para a coordenada b^* , demonstrando maior intensidade de cor vermelha que de cor amarela. O que pode ser confirmado pela variação dos valores médios obtidos para o ângulo hue (h°) que indicou uma tonalidade vermelha no produto.

No estudo realizado por Açu, Ozer, Yerlikaya (2017), observou-se no sorvete com adição de extratos de framboesa e amora durante 120 dias de armazenamento, a redução nos valores de L^* (de 96,08 a 61,21) e variações nos valores de a^* (de -2,57 a +11,60) e de b^* (de -5,96 a +17,33). Hwang, Shyu, Hsu (2009), avaliando o efeito da adição da borra do vinho de

uva rainha negra em sorvetes, constataram que os valores de L^* ficaram entre 59,4 e 96,4; a^* entre (-0,2) e (+5,4) e os valores de b^* entre (+2,3) e (+10,7), durante o armazenamento.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Zor e Sengul (2022), avaliando o tempo de armazenamento de sorvete adicionado de extrato do fruto *R. pimpinellifolia L.* teve um efeito estatisticamente significativo nos parâmetros de cor avaliados, apresentando escurecimento, sendo L^* encontrado igual a 58,93 e valor de a^* igual a 8,33, constatando a coloração vermelho intensa.

A variação da cor durante o armazenamento, representada por ΔE , indicou valores elevados, que podem ser observados na Figura 16. Valores de ΔE superiores a 2 indicam que as alterações de cor foram visíveis em produtos submetidos ao armazenamento (CHOI; KIM; LEE, 2002). Assim, foi possível constatar que a cor foi afetada pelo tempo de estocagem, ou seja, ocorreu uma variação de cor significativa. Possivelmente, isso estar relacionado a absorção de umidade da amostra durante o tempo de armazenamento.

Conforme Carmo *et al.* (2018), a oscilação dos valores de ΔE pode ter relação com a ocorrência de reações reversíveis nos pigmentos, que os regeneram continuamente. No entanto, com o passar do tempo, essas reações podem se tornar irreversíveis, gerando maiores valores de ΔE .

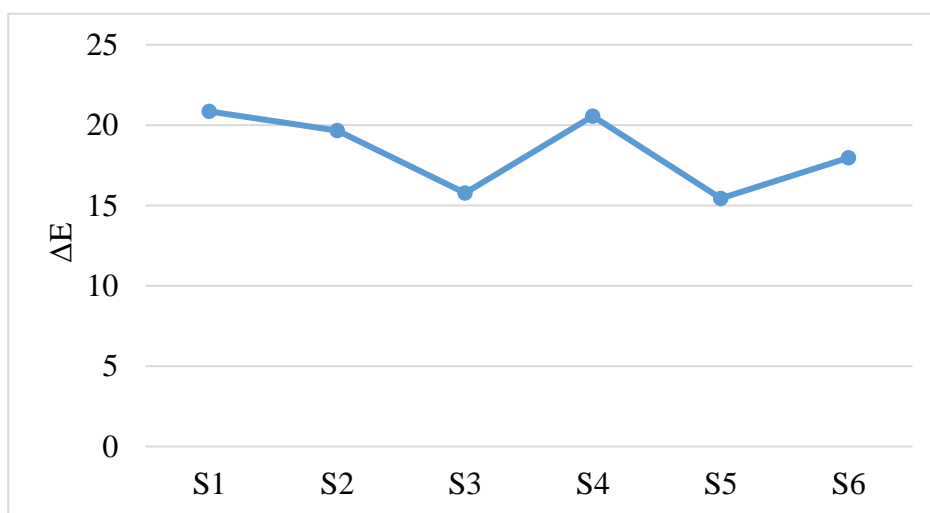


Figura 16. Variação de cor (ΔE) do sorvete elaborado com polpa com 0,2% de polpa de juçara em pó durante o armazenamento.

Com base nos resultados encontrados para quantificação de fenólicos totais e capacidade antioxidante pelo método ABTS (Tabela 18), foram observadas algumas alterações pontuais ao longo do armazenamento. Os valores obtidos demonstraram mínimas diferenças estatísticas,

principalmente, para a capacidade antioxidante, a qual apresentou médias bem próximas ao longo do período de armazenamento.

Marinho *et al.* (2019b), avaliando diferentes formulações de sorvetes probióticos e simbióticos com polpa de juçara pasteurizada, observaram que diferenças significativas nos teores de compostos fenólicos ao longo de 120 dias de armazenamento, foram pequenas e, possivelmente, decorrentes da baixa sensibilidade do método de análise. Dessa forma, os autores consideraram que os teores de compostos fenólicos no sorvete ficaram estáveis ao longo do armazenamento.

Em um estudo que utilizou extratos à base de antocianinas para conferir cor em sorvete, foram relatadas baixas reduções nos teores de compostos fenólicos das amostras durante 90 dias de armazenamento (EKICI, 2011).

Para os teores de antocianinas monoméricas totais foi possível constatar que não apresentaram variações significativas ($p > 0,05$), durante o período de armazenamento (Tabela 18). Esse resultado pode estar relacionado a estabilidade dos valores de a^* , indicando que a amostra apresentou coloração vermelho intenso. Possivelmente, a maior contribuição referente à cor do produto foi pela presença das diferentes antocianinas na formulação estudada. A estrutura básica das antocianinas encontra-se na forma de cátion flavílio de cor vermelha, o qual apresenta maior estabilidade quanto menor for a temperatura de armazenamento (ALBARICI; PESSOA; FORIM, 2006).

Sabe-se, que as antocianinas, por serem compostos relativamente instáveis e de alta reatividade, podem sofrer influências de diversos fatores que comprometem a sua preservação durante o armazenamento, dentre os quais destacam-se a luz, pH e temperatura, o que, muitas vezes, traz limitações para a indústria de alimentos acerca de sua utilização como corante natural. Dessa forma, o sorvete pode ser considerado uma matriz interessante por favorecer a estabilidade desses compostos, uma vez que a baixa temperatura (-18°C ou mais baixa), condição fundamental para o armazenamento desse tipo de produto, é um dos principais fatores envolvidos na preservação das antocianinas (SHARMA *et al.*, 2016).

Outra característica peculiar do sorvete é o armazenamento com ausência de luz, geralmente realizados dentro de embalagem fechada e em freezers, reduzindo a possibilidade de degradação das antocianinas por meio da exposição à luz, que é um fator que acelera a oxidação desses compostos (SCHWARTZ; ELBEE; GIUSTI, 2010).

Conforme Salazar-Orbea *et al.* (2023), em alguns casos, as condições de armazenamento de um produto são mais importantes para minimizar as perdas de compostos fenólicos do que os aspectos de processamento.

A estabilidade dos compostos fenólicos presentes na matriz alimentar também pode ser influenciada pelas interações com outros componentes dos alimentos, como carboidratos, lipídios, proteínas, vitaminas e/ou íons metálicos. Por exemplo, a elevada concentração de açúcares nos produtos alimentícios pode estabilizar as antocianinas devido à redução da atividade de água, enquanto que quantidades reduzidas de açúcar podem acelerar o processo de degradação desses compostos (SCHWARTZ; ELBEE; GIUSTI, 2010). Nesse contexto, é possível que a elevada concentração de açúcares da formulação do sorvete também tenha auxiliado no processo de conservação e estabilidade das antocianinas.

Gris *et al.* (2004) avaliaram durante 7 semanas, a estabilidade de antocianinas em sorvetes com adição de extratos liofilizados de casca de uva. Esses autores obtiveram bons resultados, com meia-vida do pigmento de aproximadamente 8 meses. Esses resultados corroboram que os sorvetes são produtos alimentícios interessantes e adequados para a incorporação de ingredientes ricos em antocianinas, uma vez que eles permitem uma boa preservação e estabilidade de compostos fenólicos, especialmente das antocianinas.

É necessário ressaltar que juntamente com as análises de cor seria interessante ter acompanhado a umidade e o pH das amostras durante o armazenamento, para que pudesse ser relacionada com os resultados das coordenadas de cor, assim como a estabilidade do pó, para que junto com a amostra do produto aplicado pudesse ser também acompanhado. Isso sugere estudos para trabalhos futuros.

Segundo Carmo *et al.* (2018) para um corante ser utilizado na indústria de alimento, é necessário que o mesmo mantenha a sua cor durante o armazenamento, para que quando for aplicado mantenha a coloração estável durante toda a vida útil do produto.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível obter, por meio do processo eficiente de secagem por atomização, a polpa de juçara em pó com compostos bioativos e capacidade antioxidante preservadas, além de características de boa solubilidade, baixa higroscopicidade, porosidade e umidade, podendo ser sugerido seu uso como corante natural pela indústria de alimentos.

Foram desenvolvidas três formulações de sorvetes base láctea de frutas vermelhas com ingredientes em quantidades semelhantes, porém com diferentes teores em relação a polpa de

juçara em pó, sendo uma formulação sem adição (F0) e duas adicionadas com teores de 0,1% (F1) e 0,2% (F2).

Os resultados também demonstraram que a incorporação do pó não interferiu no pH, acidez e teor de sólidos solúveis do sorvete, além das características tecnológicas como *overrun* e teste de derretimento, e ainda contribuiu de forma positiva para o aumento de compostos fenólicos totais, antocianinas monoméricas e capacidade antioxidante.

A análise sensorial realizada por meio da aplicação do questionário *online* evidenciou que a formulação produzida com 0,2% de polpa de juçara em pó obteve as maiores médias de aceitação para cor, aparência geral e expectativa de aceitação, e também apresentou perfil relevante de compostos fenólicos, destacando-se o ácido elágico (71,23 mg/100g) e a cianidina-3-O-rutinosídeo (14,74 mg/100g), compostos em maior concentração no produto.

Foi constatado que os compostos fenólicos totais da F2 aumentaram após a digestão simulada *in vitro* e apresentaram elevada bioacessibilidade, sugerindo que a maioria desses compostos foram extensamente metabolizados nas etapas simuladas. Os ácidos gálico, protocatéquico e 4-hidroxibenzoico apresentaram elevada bioacessibilidade, resultando em maior liberação desses compostos pela matriz alimentar, sendo disponíveis para a absorção.

Em relação ao comportamento das antocianinas, a digestão simulada *in vitro* forneceu informações que ratificaram o que a literatura científica vem relatando, sendo observados os menores valores de bioacessibilidade para esses compostos no sorvete analisado.

A estabilidade avaliada durante o tempo de armazenamento de seis semanas forneceu informações relevantes a respeito da alteração na cor do produto elaborado, a qual tornou-se mais escura devido à presença das frutas utilizadas no preparado do sorvete e, da adição da polpa em pó de juçara, apresentando valores elevados para a variação de cor, constatando-se que a cor do produto foi afetada pelo tempo de armazenamento, possivelmente relacionado a absorção de umidade da amostra.

No entanto, a intensidade da cor e a coloração vermelho intenso avaliadas no produto, indicaram estabilidade ao longo do tempo. A consistência desses resultados demonstrou que a maior contribuição referente a cor do produto ocorreu pelo teor de antocianinas da polpa de juçara em pó utilizada como corante natural, indicando que não houve degradação desses compostos ao longo do tempo. Isso corroborou com a estabilidade dos teores de antocianinas totais apresentados durante a estocagem.

O sorvete base láctea de frutas vermelhas com a adição de polpa de juçara em pó desenvolvido neste trabalho, pode representar uma alternativa para aumentar os potenciais

mercadológicos de aplicação da polpa de juçara em pó como corante natural e também como ingrediente funcional, contribuindo positivamente para aumentar o teor de compostos bioativos, resultando em um produto de alto valor agregado e qualidade sensorial, o que possivelmente contribui com a demanda do consumidor que tem buscado cada vez mais produtos com potencial benefícios a saúde, além de promover a valorização da espécie.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIS. **Dados-2017-2021.pdf**, 2021.

ABIS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS E DO SETOR DE SORVETES. **Mercado - O setor de sorvetes**. Disponível em: <<http://www.abis.com.br/mercado/>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

ACOSTA-ESTRADA, B. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Bound phenolics in foods, a review. **Food Chemistry**, v. 152, p. 46–55, 2014.

AÇU, M.; KINIK, Ö.; YERLIKAYA, O. Functional properties of probiotic ice cream produced from goat's milk. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, v. 9, n. 4, p. 86–100, 2017.

AÇU, M.; OZER, K.; YERLIKAYA, O. Functional properties of probiotic ice cream produced from goat's milk. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, v. 9, n. 4, p. 86–100, 2017.

AKBARI, M.; ESKANDARI, M. H.; DAVOUDI, Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, n. January 2017, p. 34–40, 2019.

AL-KAHTANI, H. A.; HASSAN, B. H. Spray Drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extract. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 4, p. 1073–1076, 1990.

ALBARICI, T. R.; PESSOA, J. D. C.; FORIM, M. R. Efeito das variações de pH e temperatura sobre as antocianinas de polpa de açaí - estudos espectrofotométricos e cromatográficos. **Comunicado Técnico**, p. 1–5, 2006.

ALBUQUERQUE, A. P. et al. Could fruits be a reliable source of food colorants? Pros and cons of these natural additives. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. 1–11, 2021a.

ALBUQUERQUE, B. R. et al. Could fruits be a reliable source of food colorants? Pros and cons of these natural additives. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 5, p. 805–835, 2021b.

AMIN, H. P. et al. Anthocyanins and their physiologically relevant metabolites alter the expression of IL-6 and VCAM-1 in CD40L and oxidized LDL challenged vascular endothelial cells. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 59, n. 6, p. 1095–1106, 2015.

AOAC. **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS**. 18. ed. Gaithersburg: MD, 2010. v. 17

AQIL, F. et al. Detection of Anthocyanins/Anthocyanidins in Animal Tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 3912–3918, 2014.

ARCHELA, E.; ANTONIA, L. H. D. **Determination of phenolic compounds in winw: a review**, 2013.

AREND, G. D. et al. Concentration of phenolic compounds from strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch) juice by nanofiltration membrane. **Journal of Food Engineering**, v. 201, p. 36–41, 2017.

ÁVILA, M. et al. Bioconversion of anthocyanin glycosides by *Bifidobacteria* and *Lactobacillus*. **Food Research International**, v. 42, n. 10, p. 1453–1461, 2009.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V; HARTE, F.; YAN, H. H. Particle size distribution in food powders. **Food Engineering**, v. 1, p. 303–328, 2012.

BARROS, É. C. M. et al. Efeitos da pasteurização sobre características físico-químicas, microbiológicas e teor de antocianinas da polpa de juçará (*Euterpe edulis* Martius). **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 8, n. 1, p. 21, 2015a.

BARROS, É. C. M. et al. Efeitos da pasteurização sobre características físico-químicas, microbiológicas. **Revista Teccen**, p. 21–26, 2015b.

BARROSO, A. K. M. et al. Oxidative stability and sensory evaluation of microencapsulated flaxseed oil. **Journal of Microencapsulation**, v. 31, n. 2, p. 193–201, 2014.

BARROSO, M. E. S. et al. Phytochemical profile of genotypes of *Euterpe edulis* Martius – Juçara palm fruits. **Food Research International**, v. 116, n. 21, p. 985–993, 2019.

BHANDARI, B. R. et al. A semi-empirical approach to optimise the quantity of drying AIDS required to spray dry sugar-rich foods. **Drying Technology**, v. 15, n. 10, p. 2509–2525, 1997.

BICUDO, M. O. P. et al. **Microencapsulation of Juçara (*Euterpe edulis* M.) Pulp by Spray Drying Using Different Carriers and Drying Temperatures** **Drying Technology**, 2015.

BICUDO, M. O. P.; RIBANI, R. H.; BETA, T. Anthocyanins, Phenolic Acids and Antioxidant Properties of Juçara Fruits (*Euterpe edulis* M.) Along the On-tree Ripening Process. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, n. 2, p. 142–147, 2014.

BÖGER, B. et al. Use of Jaboticaba (*Plinia cauliflora*) skin in the processing of ice creams.

Revista Chilena de Nutricion, v. 46, n. 2, p. 154–159, 2019.

BORGES, G. D. S. C. et al. Protective effect of *Euterpe edulis* M. on Vero cell culture and antioxidant evaluation based on phenolic composition using HPLC-ESI-MS/MS. **Food Research International**, v. 51, n. 1, p. 363–369, 2013.

BOTO-ORDÓÑEZ, M. et al. High levels of Bifidobacteria are associated with increased levels of anthocyanin microbial metabolites: A randomized clinical trial. **Food and Function**, v. 5, n. 8, p. 1932–1938, 2014.

BRAGA, A. R. C. et al. Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 68, n. July 2017, p. 31–40, 2018.

BRANCO, I. G. et al. Influence of pasteurization on antioxidant and in vitro anti-proliferative effects of jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) fruit pulp. **Industrial Crops and Products**, v. 89, p. 225–230, 2016.

BRASIL. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, referente às Normas Reguladoras do Emprego de Aditivos para Alimentos. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, p. 1–5, 1965.

BRASIL. Regulamento Técnico: Aditivos alimentares – definições, classificação e emprego. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, p. 2–6, 1997.

BRASIL. Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, p. 9–11, 2005.

BRASIL. Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014. **Ministério do Meio Ambiente**, n. 10, p. 634, 2014a.

BRASIL. **Guia Alimentar para a População Brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: [s.n.].

BRASIL. Resolução RDC nº 713, de 1º de julho de 2022. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, v. 2022, p. 6–8, 2022.

BUENO, J. M. et al. Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments. Part II: Chemical Structure, Color, and Intake of Anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 42, n. 2, p. 126–151, 2012.

CANO-CHAUCA, M. et al. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420–428, 2005.

CARBONELL-CAPELLA, J. M. et al. Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 2, p. 155–171, 2014.

CARDOSO, A. L. et al. Acute consumption of juçara juice (*Euterpe edulis*) and antioxidant activity in healthy individuals. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 152–162, 2015.

CARLOS, S. A. V. et al. Elaboração de sorvete de cupuaçu utilizando fibra de casca de maracujá como substituto de gordura. **Evidência - Ciência e Biotecnologia**, v. 19, n. 1, p. 23–44, 2019.

CARMO, E. L. DO et al. Stability of spray-dried beetroot extract using oligosaccharides and whey proteins. **Food Chemistry**, v. 249, n. December 2017, p. 51–59, 2018.

CAROCHO, M. et al. Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 377–399, 2014.

CARVALHO, T. I. M. DE et al. Dehydration of jambolan [*Syzygium cumini* (L.)] juice during foam mat drying: Quantitative and qualitative changes of the phenolic compounds. **Food Research International**, v. 102, n. September, p. 32–42, 2017.

CARVALHO, F. B. et al. Anthocyanins suppress the secretion of proinflammatory mediators and oxidative stress, and restore ion pump activities in demyelination. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 26, n. 4, p. 378–390, 2015.

CASTRO, R. W. et al. Qualidade do preparado para bebida obtido a partir de polpa de juçara submetida ao tratamento térmico. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016.

CHAIMSOHN, P. F.; CHIQUETO, N. C. The legal mark for the production of juçara açai: contributions of the “Interstate workshop about legislation, selling and marketing for exploration of fruits of juçara palm”. **Revista Conexão UEPG**, v. 9, n. 2, p. 244–253, 2013.

CHANG, Y.; HARTEL, R. W. Development of air cells in a batch ice cream freezer. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 1, p. 71–78, 2002.

CHEN, G. L. et al. Nutraceutical potential and antioxidant benefits of selected fruit seeds subjected to an in vitro digestion. **Journal of Functional Foods**, v. 20, p. 317–331, 2016.

CHIKEZIE, P. C.; IBEGBULEM, C. O.; MBAGWU, F. N. Bioactive principles from medicinal plants. **Research Journal of Phytochemistry**, v. 9, n. 3, p. 88–115, 2015.

CHOI, M. H.; KIM, G. H.; LEE, H. S. Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. **Food Research International**, v. 35, n. 8, p. 753–759, 2002.

- CILLA, A. et al. Effect of processing on the bioaccessibility of bioactive compounds – A review focusing on carotenoids, minerals, ascorbic acid, tocopherols and polyphenols. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 68, p. 3–15, 2018.
- CONAB. Boletim da Sociobiodiversidade / Companhia Nacional de Abastecimento. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 4, n. 2, p. 1–39, 2020.
- CORREA-BETANZO, J. et al. Stability and biological activity of wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) polyphenols during simulated in vitro gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 165, p. 522–531, 2014.
- CORTEZ, R. et al. Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 1, p. 180–198, 2017.
- CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORD, M. N. Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, v. 26, n. 8, p. 1001–1043, 2009.
- CUEVA, C. et al. An integrated view of the effects of wine polyphenols and their relevant metabolites on gut and host health. **Molecules**, v. 22, n. 1, p. 1–15, 2017.
- CZANK, C. et al. Human metabolism and elimination of the anthocyanin, cyanidin-3-glucoside: A ¹³C-tracer study. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 97, n. 5, p. 995–1003, 2013.
- DA ROCHA, C. T. et al. Gamma radiation and pasteurization on anthocyanin stability and antioxidant capacity of jussara pulp (*Euterpe edulis*) during storage. **Ciencia Rural**, v. 53, n. 6, p. 1–11, 2023.
- DA SILVA CAMPELO BORGES, G. et al. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2128–2133, 2011.
- DA SILVA, P. P. M.; MARTIN, J. G. P.; SPOTO, M. H. F. **Effect of gamma radiation and pasteurization on the shelf-life of juçara pulp (*Euterpe edulis*)** *Acta Agronomica*, 2018.
- DE OLIVEIRA RIBEIRO, L. et al. Microencapsulation of the Extract from *Euterpe edulis* Co-product: An Alternative to Add Value to Fruit Agro-Chain. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, n. 4, p. 1803–1814, 2021.
- DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. **Recent developments in microencapsulation of food ingredients**. [s.l: s.n.]. v. 23
- DOS SANTOS, Á. F.; JÚNIOR, C. C.; NEVES, E. J. M. **Palmeiras para produção de palmito**

- juçara, pupunheira e palmeira real.** [s.l.] Colombo: Embrapa Florestas, 2008.
- DOS SANTOS, E. F. et al. Quantificação de Compostos Bioativos em Frutos de Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e Cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 21, 2018.
- DU, J. et al. Comparison of the Efficiency of Five Different Drying Carriers on the Spray Drying of Persimmon Pulp Powders. **Drying Technology**, v. 32, n. 10, p. 1157–1166, 2014.
- EKICI, L. **Determination of some biological properties of anthocyanin based pigments extracted from grape skin, black carrot and red cabbage and their usage in some food products as colorants.** [s.l.] Kayseri, Turkey., 2011.
- ENARU, B. et al. Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. **Antioxidants**, v. 10, n. 12, 2021.
- EVERETTE, J. D. et al. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the folin-Ciocalteu reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 14, p. 8139–8144, 2010.
- FADDEN, J. MAC et al. Extração caseira de polpa de Juçara (*Euterpe edulis* Martius). **Embrapa**, n. 41, p. 4, 2008.
- FANG, J. **Bioavailability of anthocyanins** *Drug Metabolism Reviews* Informa Healthcare, , 1 nov. 2014.
- FARAONI, A. S. EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO, DO CONGELAMENTO E DA EMBALAGEM SOBRE O ARMAZENAMENTO DA POLPA DE MANGA ORGÂNICA (*Mangifera indica* L) CV. “UBÁ”. p. 99, 2006.
- FARIA, A. et al. Interplay between anthocyanins and gut microbiota. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 29, p. 6898–6902, 2014.
- FAVARO, L. L. et al. Physicochemical Characterization of a Crude Anthocyanin Extract from the Fruits of Jussara (. v. 00, n. 00, p. 1–17, 2018.
- FELZENSZWALB, I. et al. Toxicological evaluation of *Euterpe edulis*: A potential superfruit to be considered. **Food and Chemical Toxicology**, v. 58, p. 536–544, 2013.
- FERNANDES, I. et al. Bioavailability of anthocyanins and derivatives. **Journal of Functional Foods**, v. 7, n. 1, p. 54–66, 2014.
- FERNÁNDEZ-GARCÍA, E.; CARVAJAL-LÉRIDA, I.; PÉREZ-GÁLVEZ, A. In vitro bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. **Nutrition Research**, v. 29, n. 11, p. 751–760, 2009.
- FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. DE. Spray drying of blackberry pulp using

maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 157–165, 2012.

FORNASARO, S. et al. **Determination of cyanidin 3-glucoside in rat brain, liver and kidneys by UPLC/MS-MS and its application to a short-term pharmacokinetic study** *Scientific Reports*, 2016.

FRANCESCHINIS, L. et al. Physical and Functional Properties of Blackberry Freeze- and Spray-Dried Powders. **Drying Technology**, v. 32, n. 2, p. 197–207, 2014.

FRESCO, P. et al. The Anticancer Properties of Dietary Polyphenols and its Relation with Apoptosis. **Current Pharmaceutical Design**, v. 16, n. 1, p. 114–134, 2009.

GAO, X. et al. Habitual intake of dietary flavonoids and risk of Parkinson disease Conclusions: Our findings suggest that intake of some flavonoids may reduce PD risk, particularly in. **Neurology**, v. 78, p. 1138–1145, 2012.

GARCIA, C. M. S. **Microencapsulação por Spray Drying de Compostos Bioativos de Subprodutos do Ananás**. [s.l.] Universidade de Lisboa, 2016.

GARCIA, J. A. A. et al. Chemical composition and biological activities of Juçara (*Euterpe edulis* Martius) fruit by-products, a promising underexploited source of high-added value compounds. **Journal of Functional Foods**, v. 55, p. 325–332, 1 abr. 2019.

GEORGÉ, S. et al. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1370–1373, 2005.

GIL-IZQUIERDO, A.; GIL, M. I.; FERRERES, F. Effect of processing techniques at industrial scale on orange juice antioxidant and beneficial health compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 18, p. 5107–5114, 2002.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy. **Handbook of Food Analytical Chemistry**, v. 2–2, p. 19–31, 2005.

GOFF, H. D. Milk Proteins in Ice Cream. In: MCSWEENEY, P. L.; O’MAHONY, J. A. (Eds.). **Advanced Dairy Chemistry**. 4. ed. New York: Springer, NY, 2016. p. 498.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice cream**. 7. ed. New York: Springer, 2013.

GONÇALVES, A. E. DE S. S. **Compostos bioativos do camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh): caracterização e atividade biológica**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2012.

GONZALEZ, M. E.; BARRETT, D. M. **Thermal, high pressure, and electric field processing effects on plant cell membrane integrity and relevance to fruit and vegetable quality** *Journal of Food Science*, 2010.

GÓRAL, M. et al. Impact of stabilizers on the freezing process, and physicochemical and

organoleptic properties of coconut milk-based ice cream. **Lwt**, v. 92, n. March, p. 516–522, 2018.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp: Effect of feed concentration. **Drying Technology**, v. 22, n. 10, p. 2309–2330, 2004.

GRANGER, C. et al. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, v. 15, n. 3, p. 255–262, 2005.

GRIS, E. F. et al. Avaliação do tempo de meia-vida de antocianinas de uvas Cabernet Sauvignon em sorbet” . **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 2, 2004.

GUERGOLETTTO, K. B. et al. In vitro fermentation of juçara pulp (*Euterpe edulis*) by human colonic microbiota. **Food Chemistry**, v. 196, p. 251–258, 2016.

GUERGOLETTTO, K. B.; BUSANELLO, M.; GARCIA, S. Influence of carrier agents on the survival of *Lactobacillus reuteri* LR92 and the physicochemical properties of fermented juçara pulp produced by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 321–327, 2017.

GUIMARÃES, L. A. DE O. P.; SOUZA, R. G. DE. **Palmeira Juçara - Patrimônio natural da Mata Atlântica no Espírito Santo**. Vitória, ES.: Incaper, 2017.

GUTIÉRREZ-GRIJALVA, E. P. et al. Review: Dietary phenolic compounds, health benefits and bioaccessibility. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 66, n. 2, p. 87–100, 2016.

HAN, F. et al. Digestion and absorption of red grape and wine anthocyanins through the gastrointestinal tract. **Trends in Food Science and Technology**, v. 83, n. october 2018, p. 211–224, 2019.

HUR, S. J. et al. In vitro human digestion models for food applications. **Food Chemistry**, v. 125, n. 1, p. 1–12, 2011.

HWANG, J. Y.; SHYU, Y. S.; HSU, C. K. Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. **Lwt**, v. 42, n. 1, p. 312–318, 2009.

IBRAHIM SILVA, P. et al. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 4, p. 538–544, 2013.

INÁCIO, M. R. C. et al. Total anthocyanin content determination in intact açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and palmitero-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) fruit using near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate calibration. **Food Chemistry**, v. 136, n. 3–4, p. 1160–1164, 15 fev. 2013.

INADA, K. O. P. et al. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 422–433, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Correlations of antioxidant activity against phenolic content revisited: A new approach in data analysis for food and medicinal plants. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 9, p. 107–113, 2009.

JAFARI, S. M.; GHALEGI GHALENOEI, M.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v. 311, p. 59–65, 2017.

JANIQUES, A. G. DE P. R. et al. Compostos fenólicos: possíveis aplicações na doença renal crônica. **Nutrire**, v. 38, n. 3, p. 322–337, 2013.

JASTER, H. et al. Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. **Food Research International**, v. 104, n. July 2017, p. 119–125, 2018.

JUNIOR, E. DA S. **Formulações Especiais Para Sorvetes**São Paulo, Brasil, 2008.

KAMAL, A. A.; FAWZIA, S. E.-S. Toxicological and safety assessment of tartrazine as a synthetic food additive on health biomarkers: A review. **African Journal of Biotechnology**, v. 17, n. 6, p. 139–149, 2018.

KEENAN, D. F. et al. Effect of high hydrostatic pressure and thermal processing on the nutritional quality and enzyme activity of fruit smoothies. **Lwt**, v. 45, n. 1, p. 50–57, 2012.

KHOO, H. E. et al. Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. **Food and Nutrition Research**, v. 61, n. 1, 2017.

KOÇ, B. et al. Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 7, p. 1377–1383, 2014.

KOSIŃSKA-CAGNAZZO, A. et al. Identification of bioaccessible and uptaken phenolic compounds from strawberry fruits in in vitro digestion/Caco-2 absorption model. **Food Chemistry**, v. 170, p. 288–294, 2015.

LACERDA, E. C. Q. et al. Starch, inulin and maltodextrin as encapsulating agents affect the quality and stability of jussara pulp microparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 151, p. 500–510, 2016.

- LAMOTHE, S. et al. Interaction of green tea polyphenols with dairy matrices in a simulated gastrointestinal environment. **Food and Function**, v. 5, n. 10, p. 2621–2631, 2014.
- LAMOUNIER, M. L. et al. Desenvolvimento e caracterização de diferentes formulações de sorvetes enriquecidos com farinha da casca da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*). **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, n. 2, p. 93, 2015.
- LE BOURVELLEC, C.; GUYOT, S.; RENARD, C. M. G. C. Interactions between apple (*Malus x domestica* Borkh.) polyphenols and cell walls modulate the extractability of polysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, n. 2, p. 251–261, 2009.
- LIMA, E. M. F. et al. **Spray-dried microcapsules of anthocyanin-rich extracts from *Euterpe edulis* M. as an alternative for maintaining color and bioactive compounds in dairy beverages** **Journal of Food Science and Technology**, 2019.
- LIU, B. et al. Mild alkaline hydrolysis is an efficient and low-cost method for improving the free phenolic content and health benefit of pomegranate peel extract. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 37, n. 5, p. 694–700, 2013.
- LIU, Y. et al. Stability and absorption of anthocyanins from blueberries subjected to a simulated digestion process. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 65, n. 4, p. 440–448, 2014.
- LORENZI, H. **Flora Brasileira- Arecaceae (Palmeiras)**. 1. ed. [s.l.] Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2010.
- LUO, M. R. Applying colour science in colour design. **Optics and Laser Technology**, v. 38, n. 4–6, p. 392–398, 2006.
- MANACH, C. et al. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. **Am J Clin Nutr**, v. 81, p. 230S-242S, 2005.
- MARÍN, L. et al. Bioavailability of dietary polyphenols and gut microbiota metabolism: Antimicrobial properties. **BioMed Research International**, v. 2015, 2015.
- MARINHO, J. F. U. et al. Evaluation of probiotic and synbiotic jussara sorbets. **Nutrition and Food Science**, v. 50, n. 2, p. 373–383, 2019a.
- MARINHO, J. F. U. et al. 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 _ Enhanced Reader. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 11, p. 264–272, 2019b.
- MARQUES PEIXOTO, F. et al. Simulation of in vitro digestion coupled to gastric and intestinal transport models to estimate absorption of anthocyanins from peel powder of

jaboticaba, jamelão and jambo fruits. **Journal of Functional Foods**, v. 24, p. 373–381, 2016.

MARSHALL, R. T.; GOFF, D. Formulating and manufacturing ice cream and other frozen desserts. **Food Technology**, v. 57, n. 5, p. 32–45, maio 2003.

MARTINS, N. et al. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. **Trends in Food Science and Technology**, v. 52, p. 1–15, 2016.

MELO, E. D. A. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmaceuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 2, p. 193–201, 2008.

MENEZES, E. M. DA S. et al. Efeito da alta pressão hidrostática na atividade de enzimas da polpa de açaí. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 14–19, 2008.

MILBURY, P. E. et al. Bioavailability of elderberry anthocyanins. **Mechanisms of Ageing and Development**, v. 123, n. 8, p. 997–1006, 2002.

MINEKUS, M. et al. A standardised static in vitro digestion method suitable for food-an international consensus. **Food and Function**, v. 5, n. 6, p. 1113–1124, 2014.

MISHRA, P.; MISHRA, S.; MAHANTA, C. L. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblca officinalis*) juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v. 92, n. 3, p. 252–258, 2014.

MONTEIRO, M. et al. Avaliação Físico-Química E Microbiológica Da Polpa De Maracujá Processada E Armazenada. **Alim. Nutr., Araraquara**, v. 16, n. February, p. 71–76, 2005.

MORAIS, R. A. et al. Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Native Brazilian Fruits of the Arecaceae Family and Its Potential Applications for Health Promotion. **Revista de Ciências Farmaceuticas Basica e Aplicada**, v. 14, n. 19, 2022.

MORATA, A. et al. **Anthocyanins as Natural Pigments in Beverages**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019.

MOREIRA, R. M. et al. Development of a juçara and Ubá mango juice mixture with added *Lactobacillus rhamnosus* GG processed by high pressure. **Lwt**, v. 77, p. 259–268, 2017.

MOSELE, J. I. et al. Application of in vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation models to pomegranate products (juice, pulp and peel extract) to study the stability and catabolism of phenolic compounds. **Journal of Functional Foods**, v. 14, p. 529–540, 2015.

MOSELE, J. I. et al. Stability and metabolism of *Arbutus unedo* bioactive compounds (phenolics and antioxidants) under in vitro digestion and colonic fermentation. **Food Chemistry**, v. 201, p. 120–130, 2016.

- MOURA, L. S. M.; ANCIENS, G. L. L. P.; AZEREDO, D. R. A. Percepção dos consumidores sobre os riscos em alimentos. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, p. 16–31, 2020.
- MULER, A. E. et al. Can overharvesting of a non-timber-forest-product change the regeneration dynamics of a tropical rainforest? The case study of *Euterpe edulis*. **Forest Ecology and Management**, v. 324, p. 117–125, 2014.
- MÜLLEDER, U.; MURKOVIC, M.; PFANNHAUSER, W. Urinary excretion of cyanidin glycosides. **Journal of Biochemical and Biophysical Methods**, v. 53, n. 1–3, p. 61–66, 2002.
- NAEEM, M. A.; HASSAN, L. K.; EL-AZIZ, M. A. Enhancing the Pro-Health and Physical Properties. **Acta Sci. Pol. Technol. Aliment**, v. 18, p. 97–107, 2019.
- NASCIMENTO, E. DE A.; MELO, E. DE A.; LIMA, V. L. A. G. DE. Ice Cream with Functional Potential Added Grape Agro-Industrial Waste. **Journal of Culinary Science and Technology**, v. 16, n. 2, p. 128–148, 2018.
- NASCIMENTO, L. S. M. et al. Characterization of Bioactive Compounds in *Eugenia brasiliensis*, Lam. (Grumixama). **Nutrition and Food Technology**, v. 3, p. 1–7, 2017.
- NIJDAM, J. J.; LANGRISH, T. A. G. The effect of surface composition on the functional properties of milk powders. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 4, p. 919–925, 2006.
- NILE, S. H.; PARK, S. W. Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. **Nutrition**, v. 30, n. 2, p. 134–144, 2014.
- NORBERTO, S. et al. Blueberry anthocyanins in health promotion: A metabolic overview. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1518–1528, 2013.
- NØRSKOV, N. P. et al. Phenolic acids from wheat show different absorption profiles in plasma: A model experiment with catheterized pigs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 37, p. 8842–8850, 2013.
- O'HAGAN, P. et al. Particle size analysis of food powders. In: **Encapsulated and Powdered Foods**. 1st. ed. Boca Raton: [s.n.], p. 215–245.
- ORNELAS-PAZ, J. D. J. et al. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 372–381, 2013.
- OZKAN, G.; CAPANOGLU, E.; ESATBEYOGLU, T. Formulation of Functional Drink with Milk Fortification: Effects on the Bioaccessibility and Intestinal Absorption of Phenolics. **Plants**, v. 11, n. 23, 2022.
- PADAYACHEE, A. et al. Binding of polyphenols to plant cell wall analogues - Part 1:

- Anthocyanins. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 155–161, 2012a.
- PADAYACHEE, A. et al. Binding of polyphenols to plant cell wall analogues - Part 2: Phenolic acids. **Food Chemistry**, v. 135, n. 4, p. 2287–2292, 2012b.
- PAGANI, M. M. **Obtenção de suco de acerola (Malpighia emarginata DC) concentrado e pós estáveis através da integração dos processos de separação por membranas e** [s.l: s.n.].
- PAIM, D. R. S. F. **Desenvolvimento de produto em pó probiótico à base de juçara (Euterpe Edulis Martius)**. [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013.
- PAIM, D. R. S. F. et al. Microencapsulation of probiotic jussara (Euterpe edulis M.) juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 21–25, 2016a.
- PAIM, D. R. S. F. et al. Microencapsulation of probiotic jussara (Euterpe edulis M.) juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 21–25, 2016b.
- PATRAS, A. et al. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 3–11, 2010.
- PEREIRA, D. C. D. S. et al. Spray drying of juçara pulp aiming to obtain a “pure” powdered pulp without using carrier agents. **Drying Technology**, v. 38, n. 9, p. 1175–1185, 2020.
- PEREIRA, D. C. DE S. **Frutos Da Palmeira-Juçara: Contextualização, Tecnologia E Processamento**. 1. ed. Rio Pomba/MG: IFET/RP, 2017.
- PEREIRA, D. C. DE S. **Secagem por Atomização Da Polpa De Juçara para obtenção de Produtos potencialmente funcionais. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)**. [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2020.
- PETKOVA, T. et al. Characterization of Fruit Sorbet Matrices with Added Value from Zizyphus jujuba and Stevia rebaudiana. **Foods**, v. 11, n. 18, p. 1–13, 2022.
- PHISUT, N. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 4, p. 1297–1306, 2012.
- PINEDA-VADILLO, C. et al. The food matrix affects the anthocyanin profile of fortified egg and dairy matrices during processing and in vitro digestion. **Food Chemistry**, v. 214, p. 486–496, 2017.
- PINHO, G. DOS S. DE. **Processamento de sorvete incorporado com farinha de casca de jaboticaba por alta pressão hidrostática**. [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2019.
- PINTO, M. D. S. **Compostos bioativos de cultivares brasileiras de morango (Fragaria x**

ananassa Duch .): caracterização e estudo da biodisponibilidade dos derivados de ácido elágico Compostos bioativos de cultivares brasileiras de morango (Fragaria x ananassa Duch .): ca. [s.l: s.n.].

PISOSCHI, A. M.; POP, A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 97, p. 55–74, 2015.

PIZO, M. A.; VIEIRA, E. M. Palm harvesting affects seed predation of *Euterpe edulis*, a threatened palm of the Brazilian Atlantic forest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3B, p. 669–676, 2004.

POUYSÉGU, L. et al. Synthesis of ellagitannin natural products. **Natural Product Reports**, v. 28, n. 5, p. 853–874, 2011.

PRASAIN, J. K.; BARNES, S. Cranberry polyphenols-gut microbiota interactions and potential health benefits: An updated review. **Food Frontiers**, v. 1, n. 4, p. 459–464, 2020.

QUATRIN, A. et al. Bioaccessibility and catabolism of phenolic compounds from jaboticaba (*Myrciaria trunciflora*) fruit peel during in vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation. **Journal of Functional Foods**, v. 65, 1 fev. 2020.

RAWSON, A. et al. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1875–1887, 2011.

RÉ, M. I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology: An International Journal**, v. 13, n. 1–2, p. v, 1995.

REBOUÇAS, C. R. DA S. **Aplicação de corante natural obtido de extrato em pó da casca de pitaia em sorvete**. [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2019.

REGO, A. R.; VIALTA, A.; MADI, L. F. C. **Sorvetes industrializados: alimentação, bem-estar e nutrição**. 1. ed. São Paulo: Ital: BB, 2021.

REIS, M. S. DOS; REIS, A. **Euterpe edulis Martius - (Palmito): biologia, conservacao e manejo**. 2000. ed. Itajai: [s.n.].

RIBEIRO, L. DE O. **Desenvolvimento de smoothie de juçara, banana e morango: processos de conservação e estudo da bioacessibilidade dos compostos fenólicos**. [s.l.] UFRJ, 2018.

RIBEIRO, L. DE O.; MENDES, M. F.; PEREIRA, C. DE S. S. Avaliação da Composição Centesimal, Mineral e Teor de Antocianinas da Polpa de Juçará (*Euterpe Edulis Martius*). **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 4, n. 2, p. 5–16, 2011.

ROCHA, C. T. DA. **Composição Fenólica e Capacidade antioxidante de juçara (*Euterpe edulis*) cultivada nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo**. [s.l.] Universidade Federal

de Viçosa, MG, 2017.

ROCKETT, F. C. et al. Seven Brazilian native fruits as potential sources of bioactive compounds and antioxidants. **Current Bioactive Compounds**, v. 17, n. 2, p. 120–129, 2021.

RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

RUIZ-GARCÍA, Y. et al. In vitro digestion and colonic fermentation of an Alicante Bouschet (*Vitis vinifera* L.) skin extract. **Lwt**, v. 157, 2022.

SALAZAR-ORBEA, G. L. et al. Effect of Storage Conditions on the Stability of Polyphenols of Apple and Strawberry Purees Produced at Industrial Scale by Different Processing Techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2023.

SALEHI, F. Recent applications of powdered fruits and vegetables as novel ingredients in biscuits: a review. **Nutrire**, v. 45, n. 1, 2020.

SANTANA, A. A. et al. Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. **Food Chemistry**, v. 212, p. 1–9, 2016.

SANTANA, A. A. et al. Spray drying of babassu coconut milk using different carrier agents. **Drying Technology**, v. 35, n. 1, p. 76–87, 2017.

SANTANA, A. A.; OLIVEIRA, R. A. DE; TELIS, V. R. N. Physicochemical Characterization of Jussara pulp powder by spray-drying. **Digital Library of Journals**, v. 34, p. 123–132, 2016.

SANTIAGO, M. C. P. A. et al. Adaptação de um método pro cromatografia líquida de alta eficiência para análise de antocianinas em suco de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Comunicado Técnico**, p. 4, 2010.

SARKIS, J. R. et al. Effects of ohmic and conventional heating on anthocyanin degradation during the processing of blueberry pulp. **Lwt**, v. 51, n. 1, p. 79–85, 2013.

SCHULTZ, J. Compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaís de *Euterpe edulis* Martius e *Euterpe oleracea* Martius submetidos a tratamentos para sua conservação. v. 2, p. 2266–2270, 2008.

SCHULZ, M. et al. Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of juçara fruit (*Euterpe edulis* Martius) during ripening. **Food Research International**, v. 77, p. 125–131, 1 nov. 2015.

SCHULZ, M. et al. Juçara fruit (*Euterpe edulis* Mart.): Sustainable exploitation of a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 89, p. 14–26, 2016.

SCHULZ, M. et al. Bioaccessibility of bioactive compounds and antioxidant potential of juçara

fruits (*Euterpe edulis* Martius) subjected to in vitro gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 228, p. 447–454, 2017.

SCHWARTZ, S. J.; ELBEE, J. H. VON; GIUSTI, M. M. Corantes. In: **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

SECOLIN, V. A. Microencapsulação de compostos bioativos de *Camellia sinensis* em sistemas lipídicos por spray drying. p. 113, 2014.

SECOLIN, V. A.; SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA, W. P. Spray drying of lipid-based systems loaded with *Camellia sinensis* polyphenols. **Journal of Liposome Research**, v. 27, n. 1, p. 11–20, 2017.

SENANAYAKE, S. A. et al. Application of *Lactobacillus acidophilus* (LA 5) strain in fruit-based ice cream. **Food Science & Nutrition**, v. 1, n. 6, p. 428–431, 2013.

SHAHID, M.; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, F. Recent advancements in natural dye applications: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 53, p. 310–331, 2013.

SHAMANIN, V. P. et al. Antioxidant Capacity and Profiles of Phenolic Acids in Various Genotypes of Purple Wheat. **Foods**, v. 11, n. 16, p. 1–14, 2022.

SHARMA, R. J. et al. Stability of anthocyanins- and anthocyanidins-enriched extracts, and formulations of fruit pulp of *Eugenia jambolana* ('jamun'). **Food Chemistry**, v. 190, p. 808–817, 2016.

SIGURDSON, G. T.; TANG, P.; GIUSTI, M. M. Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 261–280, 2017.

SILVA, L. D. DA. Avaliação de compostos com atividade antioxidante de extratos de Açai de Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) e aplicação em sorvete diet. p. 81, 2018.

SILVA, N. A. DA et al. Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 22, p. 5072–5084, 2014.

SILVA, R. N. G. et al. Isotermas de Adsorção de Umidade do Uambu-Cajá em Pó. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 30, n. 1, p. 33–36, 2015.

SILVA, T. B. R. **Transformações Metabólicas in vitro de Compostos Fenólicos da Jabuticaba na Digestão e na Fermentação Colônica**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics With Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3,

p. 144–158, 1965.

SIQUEIRA, A. P. S. et al. Technological differences between açai and juçara pulps and their sorbets. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

SIVAMARUTHI, B. S.; KESIKA, P.; CHAIYASUT, C. The influence of supplementation of anthocyanins on obesity-associated comorbidities: A concise review. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 1–25, 2020.

SOUKOULIS, C.; FISK, I. D.; BOHN, T. Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: Conceptualization and overview of quality and storage stability. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 627–655, 2014.

SOUSA DE BRITO, E. et al. Anthocyanins present in selected tropical fruits: Acerola, jambolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 23, p. 9389–9394, 2007.

SUN, D. et al. Digestion property and synergistic effect on biological activity of purple rice (*Oryza sativa* L.) anthocyanins subjected to a simulated gastrointestinal digestion in vitro. **Food Research International**, v. 78, n. October 2015, p. 114–123, 2015.

TAGLIAZUCCHI, D. et al. In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. **Food Chemistry**, v. 120, n. 2, p. 599–606, 2010.

TARONE, A. G.; CAZARIN, C. B. B.; MAROSTICA JUNIOR, M. R. Anthocyanins: New techniques and challenges in microencapsulation. **Food Research International**, v. 133, n. February, 2020.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise Sensorial de Alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987.

TONON, R. V. Secagem por Atomização do Suco de açai: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto. **Tese, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.**, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; DUPAS HUBINGER, M. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açai. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 70–76, 2013.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açai em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444–450, 2009.

TONON, R. V. et al. Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food**

- Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 1950–1958, 2009.
- TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 3, p. 411–418, 2008.
- TONON, R. V.; FREITAS, S. S.; HUBINGER, M. D. Spray drying of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) juice: Effect of inlet air temperature and type of carrier agent. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, n. 5, p. 691–700, 2011.
- TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in Food Science and Technology**, v. 63, p. 91–102, 2017.
- VERMA, S.; SINGH, A.; MISHRA, A. Gallic acid: Molecular rival of cancer. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 35, n. 3, p. 473–485, 2013.
- VICTORIA-CAMPOS, C. I. et al. Gastrointestinal metabolism and bioaccessibility of selected anthocyanins isolated from commonly consumed fruits. **Food Chemistry**, v. 383, n. February, 2022.
- VIEIRA, G. S. et al. Determination of anthocyanins and non-anthocyanin polyphenols by ultra performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry (UPLC/ESI-MS) in jussara (*Euterpe edulis*) extracts. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 7, p. 2135–2144, 1 jun. 2017.
- VUOLO, M. M.; LIMA, V. S.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R. **Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019.
- WALLACE, T. C.; GIUSTI, M. M. Anthocyanins—nature’s bold, beautiful, and health-promoting colors. **Foods**, v. 8, n. 11, p. 10–13, 2019.
- WANG, Z. et al. Effects of Soy Proteins and Hydrolysates on Fat Globule Coalescence and Whipping Properties of Recombined Low-Fat Whipped Cream. **Food Biophysics**, n. February, 2022.
- WIESE, S. et al. Protein interactions with cyanidin-3-glucoside and its influence on α -amylase activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 1, p. 33–40, 2009.
- YAMAGUCHI, K. K. D. L. et al. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137–151, 2015.
- ZHU, F. et al. Advance on the bioactivity and potential applications of dietary fibre from grape pomace. **Food Chemistry**, v. 186, p. 207–212, 2015.
- ZOR, M.; SENGUL, M. Possibilities of using extracts obtained from *Rosa pimpinellifolia* L.

flesh and seeds in ice cream production. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 2, 2022.