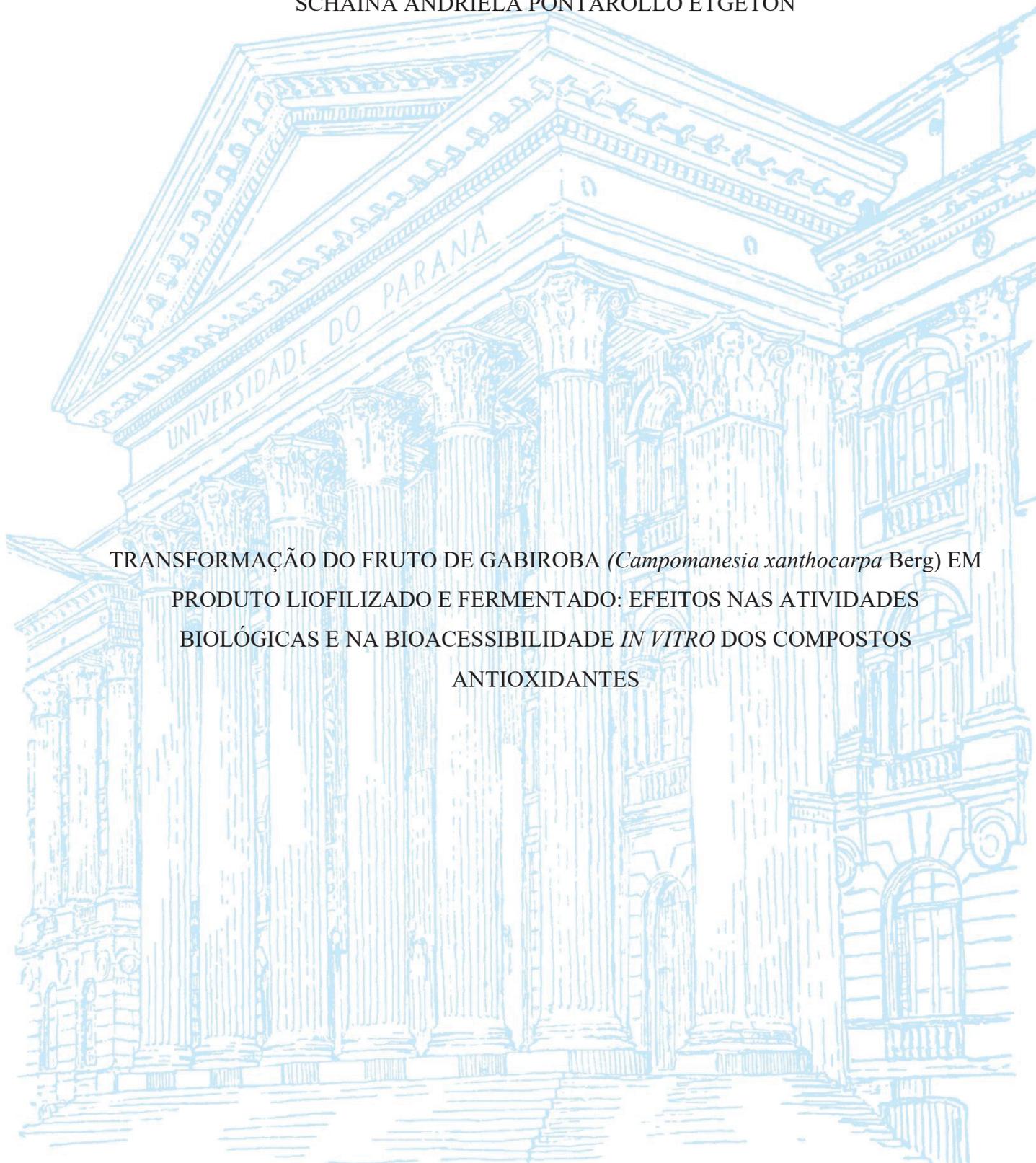


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SCHAINA ANDRIELA PONTAROLLO ETGETON



TRANSFORMAÇÃO DO FRUTO DE GABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) EM
PRODUTO LIOFILIZADO E FERMENTADO: EFEITOS NAS ATIVIDADES
BIOLÓGICAS E NA BIOACESSIBILIDADE *IN VITRO* DOS COMPOSTOS
ANTIOXIDANTES

Curitiba

2023

SCHAINA ANDRIELA PONTAROLLO ETGETON

TRANSFORMAÇÃO DO FRUTO DE GABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) EM
PRODUTO LIOFILIZADO E FERMENTADO: EFEITOS NAS ATIVIDADES
BIOLÓGICAS E NA BIOACESSIBILIDADE *IN VITRO* DOS COMPOSTOS
ANTIOXIDANTES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Alimentação e Nutrição, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a Dr^a Cláudia C. Hecke Krüger

Coorientadora: Prof^a Dr^a Marcia Regina Beux

Curitiba

2023

Etgeton, Schaina Andriela Pontarollo

Transformação do fruto de gabioba (*Campomanesia xanthocarpa Berg*) em produto liofilizado e fermentado: efeitos nas atividades biológicas e na bioacessibilidade *in vitro* dos compostos antioxidantes [recurso eletrônico] / Schaina Andriela Pontarollo Etgeton – Curitiba, 2023.

1 recurso online : PDF

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição.

Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, 2023.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Cláudia C. Hecke Krüger

Coorientadora: Prof^a Dr^a. Marcia Regina Beux

1. Fenômenos químicos .2. Liofilização. 3. Fermentação. 4. Fruta – Guabioba I. Krüger, Cláudia C. Hecke. II. Beux, MarciaRegina. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 664.0284

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **SCHAINA ANDRIELA PONTAROLLO ETGETON** intitulada: **Transformação do fruto de gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) em produto liofilizado e fermentado: Efeitos nas atividades biológicas e na bioacessibilidade *in vitro* dos compostos antioxidantes**, sob orientação da Profa. Dra. CLAUDIA CARNEIRO HECKE KRUGER, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 22 de Setembro de 2023.

Assinatura Eletrônica

22/09/2023 16:43:12.0

CLAUDIA CARNEIRO HECKE KRUGER

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

22/09/2023 18:43:12.0

CHRISTIANE DE QUEIROZ PEREIRA PINTO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

22/09/2023 17:13:58.0

DÉBORA BRAND

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter concretizado o sonho de ingressar na Universidade Federal do Paraná, e por ter sido minha constante companhia em todos os momentos. A minha família, meu pai Arno Etgeton, exemplo de humildade e bondade, que sempre me incentivou e apoiou nos estudos, estando sempre na torcida e comemorando cada vitória. A minha mãe, Sirlei Regina P. Etgeton (*in memoriam*) por ter deixado comigo uma parte dela de coragem, fé e discernimento. As minhas irmãs, Scheila A. P. E. de Lima e Scharlyne A. P. Etgeton por me incentivarem e se orgulharem da minha trajetória. Aos demais familiares por trazerem felicidade e enriquecerem a minha jornada.

Ao Lhonidas de Senna Jr., meu amor e companheiro de vida, desde sempre me proporcionando apoio incondicional. Saiba que és a minha maior inspiração para ser uma pessoa melhor a cada dia. Agradeço por tua compreensão constante, especialmente nos dias em que me dedicava até altas horas no laboratório.

As minhas mentoras, orientadora Prof^ª Dr^ª Claudia C. Hecke Krüger, agradeço por ter me acolhido com tanta doçura e afeto. Pelo compartilhamento de seu vasto conhecimento e por sua constante presença, oferecendo orientação e um olhar sereno em todas situações. A minha coorientadora, Prof^ª Dr^ª Marcia R. Beux, agradeço por me receber de braços abertos e por compartilhar seu profundo conhecimento em microbiologia. Além disso, agradeço por seu constante estímulo cheio de alegria, e por me auxiliar a encarar o mestrado de uma maneira mais tranquila e descontraída.

Aos dedicados técnicos de laboratório, expresse minha sincera gratidão por toda a paciência e aprendizado diário. Lindamir, agradeço por ter sido a primeira a me guiar nas análises físico-químicas. Jair, meu reconhecimento por cada explicação embasada no profundo conhecimento por trás das análises. Jaqueline, minha gratidão por compartilhar comigo as técnicas da microbiologia. A Adriana e o Luiz, estendo meu agradecimento pela amizade e pelas conversas partilhadas mesmo nos dias mais nublados. Agradeço também ao laboratório da farmácia pelo apoio integral durante as análises, e ao laboratório de Bioprospecção e Genética Molecular de Microrganismos, pelo suporte na identificação dos microrganismos.

Não poderia deixar de agradecer as minhas parceiras de laboratório, Prof^ª Dr^ª Suelen Ávila (Su, como carinhosamente chamamos), Anne C. R. Silva e Aline D. D. P. S. Rodrigues. A vocês, o meu mais sincero obrigado pelo companheirismo compartilhado não apenas no laboratório, mas também nos almoços, nas pausas para os chás e nas jantãs, onde vocês transformaram cada momento em algo mais vibrante e animado. Um agradecimento especial à Su, que foi uma fonte constante de aprendizado, não apenas na esfera acadêmica, mas também no pessoal. O seu ensinamento diário e incentivo inabalável foram fundamentais para que eu

não desistisse em nenhum momento, mesmo diante de análises que pareciam que não dariam certo. Obrigada pelas risadas altas e contagiantes, que têm o poder de dissipar tristezas e preocupações. Reconheço que suas horas tardias ao meu lado no laboratório e sua paciência ao transmitir seus conhecimentos foram inestimáveis. Suas explicações sobre fórmulas básicas de diluição são um exemplo desse seu comprometimento com o ensino. Seu brilho interior, coração generoso e humildade são admiráveis.

Agradeço também à Anna M. F. Bonin, que com um coração generoso doou os frutos essenciais para a minha pesquisa. Sem você, nada disso teria sido possível. Sua bondade e contribuição foram cruciais para o sucesso deste projeto.

Estendo meu agradecimento à banca de defesa, composta pela: Prof^ª Dr^ª Débora Brand, Prof^ª Dr^ª Christiane de Queiroz P. Pinto e Prof^ª Dr^ª Marilis Dallarmi Miguel. Agradeço por terem aceitado participar deste momento tão significativo e por todas as valiosas contribuições feitas ao trabalho.

Não posso deixar de expressar minha sincera gratidão a todos os professores e ao Programa de Pós-graduação em Alimentação e Nutrição (PPGAN) por terem me recebido de braços abertos, oferecido suporte contínuo e enriquecido minha jornada com conhecimento valioso. Por último, mas definitivamente não menos importante, agradeço ao apoio crucial da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), bem como à UFPR, que gentilmente providenciaram os recursos necessários para a realização deste mestrado.

Por fim, expresso minha gratidão a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram de maneira direta ou indireta para tornar esta conquista possível.

“Faça o teu melhor, na condição que tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda!”

Mario Sergio Cortella.

RESUMO

A gabirola (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) é uma fruta encontrada em várias regiões do Brasil, Uruguai, Paraguai e Argentina. Esta fruta versátil pode ser apreciada fresca ou usada na produção de bebidas, geleias e sorvetes. Além de suas qualidades gastronômicas, a gabirola destaca-se por suas propriedades biológicas, como atividade antioxidante e antimicrobiana. Entretanto, é um fruto pouco explorado, com sazonalidade curta e amadurecimento acelerado. Sua aplicação é muito limitada a pequenos produtores rurais e comercialização local. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a atividade antibacteriana, de inibição α -amilase e α -glucosidase e a bioacessibilidade de compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidantes da gabirola *in natura*, liofilizada e fermentada. A gabirola liofilizada demonstrou alto teor de carboidratos (14,60 g/100 g) e fibras (29,76 g/100 g), com menores teores de proteínas (2,84 g/100 g) e lipídios (3,37 g/100 g). Catequina e ácido ferúlico foram identificados em maiores concentrações na análise de HPLC-PAD. Três extratos foram preparados a partir da gabirola liofilizada – aquoso (AA), etanólico 12% (E12%) e etanólico 80% (E80%). O TPC, TFC e atividade antioxidante foram identificados em maiores quantidades no E80%. Esse mesmo extrato, mostrou melhor atividade antibacteriana contra *Escherichia coli* ATCC 8739 (CIM: 1,9 μ g/mL), próxima a gentamicina (CIM: 1,8 μ g/mL). Na inibição da α -amilase, os extratos etanólicos inibiram 100% a 38 μ g/mL, enquanto AA o fez a uma concentração 1,06 vezes maior. Em contrapartida, o AA apresentou maior percentual de inibição da enzima α -glucosidase (12%) que o E12% e o E80%. Após a simulação da digestão gastrointestinal *in vitro*, a gabirola liofilizada e o extrato seco apresentaram bioacessibilidade superior a 30% para TPC e atividade antioxidante após a fase gástrica. Por meio da fermentação espontânea da gabirola *in natura*, foi possível isolar duas linhagens de leveduras, do gênero *Hanseniaspora* e *Meyerozyma*, essas, foram utilizadas para produzir dois fermentados (FA e FB). Os resultados mostraram que a gabirola *in natura* teve maior atividade antibacteriana para *E. coli* ATCC 8739, *Salmonella enterica subsp. enterica* ATCC 14028 e *S. aureus* ATCC 25923 (CIM de 62,5, 31,2 e 125,0 mg/mL, respectivamente). Entretanto, o FA apresentou maior inibição α -amilase com IC₅₀ de 15,2 mg/mL e maior estabilidade de compostos antioxidantes após a digestão gástrica, com bioacessibilidade >100% para TFC e atividade antioxidantes pelos ensaios DPPH, FRAP e ABTS. Da mesma forma, o FB apresentou bioacessibilidade >100% para TPC e DPPH. Ambos os fermentados apresentaram potencial para o desenvolvimento de produtos alimentícios com propriedades biológicas com maior bioacessibilidade de compostos antioxidantes após a digestão *in vitro*. Subprodutos da gabirola, como pó, extrato e fermentados emergem como uma estratégia promissora para os consumidores e produtores do fruto, possibilitando o consumo de subprodutos ricos em compostos antioxidantes ao mesmo tempo que auxilia os produtores a minimizar perdas pós-colheita e melhora do fluxo comercial entressafras.

Palavras-chave: Gabirola; composição química; polifenóis; atividades biológicas; liofilização; extração; fermentação; digestão *in vitro*.

ABSTRACT

Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) is a fruit found in several regions of Brazil, Uruguay, Paraguay and Argentina. This versatile fruit can be enjoyed fresh or used in the production of drinks, jellies and ice cream. In addition to its gastronomic qualities, gabiroba stands out for its biological properties, such as antioxidant and antimicrobial activity. However, it is a little explored fruit, with short seasonality and accelerated ripening. Its application is very limited to small rural producers and local marketing. Thus, this work aims to evaluate the antibacterial activity, inhibition of α -amylase and α -glucosidase and the bioaccessibility of total phenolic compounds (TPC), total flavonoids (TFC) and antioxidant activity of fresh, freeze-dried and fermented gabiroba. Freeze-dried gabiroba demonstrated a high content of carbohydrates (14.60 g/100 g) and fiber (29.76 g/100 g), with lower levels of proteins (2.84 g/100 g) and lipids (3.37 g /100 g). Catechin and ferulic acid were identified in higher concentrations in the HPLC-PAD analysis. Three extracts were prepared from freeze-dried gabiroba – aqueous (AA), 12% ethanolic (E12%) and 80% ethanolic (E80%). TPC, TFC and antioxidant activity were identified in greater quantities in E80%. This same extract showed better antibacterial activity against *Escherichia coli* ATCC 8739 (MIC: 1.9 μ g/mL), close to gentamicin (MIC: 1.8 μ g/mL). In the inhibition of α -amylase, ethanolic extracts inhibited 100% at 38 μ g/mL, while AA did so at a concentration 1.06 times higher. On the other hand, AA showed a higher percentage of inhibition of the α -glucosidase enzyme (12%) than E12% and E80%. After simulating gastrointestinal digestion *in vitro*, lyophilized gabiroba and the dry extract showed bioaccessibility greater than 30% for TPC and antioxidant activity after the gastric phase. After simulating gastrointestinal digestion *in vitro*, lyophilized gabiroba and the dry extract showed bioaccessibility greater than 30% for TPC and antioxidant activity after the gastric phase. Through spontaneous fermentation of gabiroba fresh, it was possible to isolate two strains of yeast, of the genus *Hanseniaspora* and *Meyerozyma*, which were used to produce two fermented yeasts (FA and FB). The results showed that fresh gabiroba had greater antibacterial activity against *E. coli* ATCC 8739, *Salmonella enterica subsp. enterica* ATCC 14028 and *S. aureus* ATCC 25923 (MIC of 62.5, 31.2 and 125.0 mg/mL, respectively). However, FA showed greater α -amylase inhibition with IC₅₀ of 15.2 mg/mL and greater stability of antioxidant compounds after gastric digestion, with bioaccessibility >100% for TFC and antioxidant activity by DPPH, FRAP and ABTS assays. Likewise, FB showed >100% bioaccessibility for TPC and DPPH. Both fermented foods showed potential for the development of food products with biological properties with greater bioaccessibility of antioxidant compounds after *in vitro* digestion. Gabiroba by-products, such as powder, extract and fermented products, emerge as a promising strategy for consumers and producers of the fruit, enabling the consumption of by-products rich in antioxidant compounds while helping producers to minimize post-harvest losses and improve commercial flow. off-seasons.

Keywords: Gabiroba; chemical composition; polyphenols; biological activities; freeze drying; extraction; fermentation; *in vitro* digestion.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1 - PROJETO DA “GABIROBA”	20
FIGURA 2- CLASSIFICAÇÃO DA GABIROBA	23
FIGURA 3 - GABIROBA: COMPONENTES ESTRUTURAIS E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL.....	24
FIGURA 4 - POLIFENÓIS E SUBCLASSES.....	26

CAPÍTULO II

FIGURA 1 - CARACTERÍSTICAS DA ARBÓREA E FRUTOS DA <i>C. xanthocarpa</i> Berg	43
FIGURA 2 - EXSICATA <i>C. xanthocarpa</i> Berg DEPOSITADA NO HERBÁRIO	43
FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DE PROCEDIMENTOS E ANÁLISES REALIZADAS	44

CAPÍTULO III

FIGURA 1 - INIBIÇÃO α -AMILASE E α -GLUCOSIDASE DOS EXTRATOS DE GABIROBA	56
---	----

CAPÍTULO IV

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS DA GABIROBA E PRODUÇÃO DOS FERMENTADOS.	70
FIGURA 2 - GEL DE AGAROSE 0,7% INDICANDO AS BANDAS CORRESPONDENTES AOS PRODUTOS DE PCR DA REGIÃO ITS DE CADA UM DOS ISOLADOS	72
FIGURA 3 - ANÁLISES FILOGENÉTICAS DOS ISOLADOS.....	72
FIGURA 4 - INIBIÇÃO α -AMILASE DO FRUTO <i>IN NATURA</i> , FERMENTADOS (FA E FB) E ACARBOSE	75

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 - COMPOSTOS FENÓLICOS E FLAVONOIDES TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE <i>C. xanthocarpa</i> EXTRAÍDOS COM DIFERENTES SOLVENTES.	28
--	----

CAPÍTULO III

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS FRUTOS DE <i>C. xanthocarpa</i>	52
TABELA 2 - ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DOS EXTRATOS DE GABIROBA LIOFILIZADA.....	55
TABELA 3 - COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONÓIDE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO PÓ E EXTRATO SECO DE GABIROBA, ANTES E APÓS A DIGESTÃO <i>IN VITRO</i>	58

CAPÍTULO IV

TABELA 1 - ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DOS FRUTOS DE GABIROBA <i>IN NATURA</i> , FERMENTADOS FA E FB.....	75
TABELA 2 - BIOACESSIBILIDADE DOS COMPOSTOS FENÓLICOS E FLAVONOIDES TOTAIS E ANTIOXIDANTES DA GABIROBA <i>IN NATURA</i> , FERMENTADOS COM LEVEDURA DO GÊNERO <i>Hanseniaspora</i> (FA) E <i>Meyerozyma</i> (FB), ANTES E APÓS A DIGESTÃO <i>IN VITRO</i>	76

LISTA DE SIGLAS

AA – Extrato aquoso
ABTS – Ácido 2,2-Azino-Bis(3-Etilbenzotiazolina-6-Sulfônico)
AGCC - Ácidos graxos de cadeia curta
AOAC - Association of Official Analytical Chemists
AT - Acidez titulável
CE – Catequina
CEPPA – Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos
CIM - Concentração inibitória mínima
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
CTT - Cloreto de 2,3,5-trifenil-tetrazólio
DCNT - Doenças Crônicas não transmissíveis
DL - Diâmetro longitudinal
DM2 - Diabetes mellitus tipo 2
DP – Desvio padrão
DPPH - Eliminação de radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil
DRI - Dietary Reference Intakes
DT - Diâmetro transversal
E. COLI – *Escherichia coli*
E12% - Extrato etanólico 12%
E18% - Extrato etanólico 80%
EPANB - Estratégia e Plano de Ações Nacionais para a Biodiversidade
EPEAL – Encontro regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos
FDA - Federal Drug Administration
FGS – Fluido Gástrico Simulado
FIS - Fluido Intestinal Simulado
FRAP - Poder antioxidante de redução do ferro
FSS – Fluido Salivar Simulado
GAE – Ácido gálico
HG - Homogalacturonan
LDL - Lipoproteína de baixa densidade
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas
P. AERUGINOSA – *Pseudomonas aeruginosa*
PAA - Programa de Aquisição de Alimentos
PANC - Plantas Alimentícias Não Convencionais
PF - Peso do fruto
PNAE - Programa Nacional de Alimentação Escolar
PNB - Política Nacional da Biodiversidade
pNPG - p-nitrofenil- α -D-glucopyranoside
RG-I - Rhamnogalacturonana
RG-II - Rhamnogalacturonan
SDA – Sabouraud dextrose ágar
SST - Sólidos solúveis totais
TE - Trolox
TFC - Flavonoides totais
TPC - Compostos fenólicos totais
TSB – Triptona de soja

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
CAPÍTULO I	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 ALIMENTOS DA SOCIOBIODIVERSIDADE, SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL	18
2.2 BIODIVERSIDADE DE FRUTAS NO BRASIL	20
2.3 GABIROBA (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg): CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E MORFOLÓGICAS	22
2.4 GABIROBA: COMPOSTOS BIOATIVOS COM EFEITO ANTIGLICÊMICO	26
2.5 BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ALIMENTOS FERMENTADOS	30
REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO II	42
1.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO	42
1.1.1 Caracterização do estudo	42
1.1.2 Característica da coleta e das amostras	42
CAPÍTULO III	45
COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL, DIGESTÃO SIMULADA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS DO FRUTO DE <i>Campomanesia xanthocarpa</i>	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAIS E MÉTODOS	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4. CONCLUSÃO	59
CAPÍTULO IV	65
FERMENTAÇÃO DE <i>Campomanesia xanthocarpa</i> COM LEVEDURAS ISOLADAS: ATIVIDADES BIOLÓGICAS E BIOACESSIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DE COMPOSTOS ANTIOXIDANTES	65
1. INTRODUÇÃO	66
2. MATERIAIS E MÉTODOS	67
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4. CONCLUSÃO	78

CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	80
ANEXO I	87
ANEXO II	88
ANEXO III	89
ANEXO IV	90
ANEXO V	91

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande diversidade de frutas nativas, que fazem parte dos aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos. O desenvolvimento de pesquisas com frutas da biodiversidade, contribui na agregação de valor ao alimento, na produtividade agrícola sustentável e na geração de renda para as comunidades locais (Blesh et al., 2019). Essas condições estão dentro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2 (ODS), “erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável” (ONU, 2023).

Dentre a diversidade de espécies nativas brasileiras, a *Campomanesia xanthocarpa* Berg, popularmente conhecida como gabirobeira, é abundante nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil. Seu fruto, chamado de gabiropa, possui polpa amarela, carnuda e succulenta, de sabor doce e altamente aromático (Sarmiento, Silva, e Silva 2012). Apresenta alto teor de água, carboidratos, ácido ascórbico (vitamina C), fibra alimentar e em menor concentração, proteínas e lipídeos (Alves et al. 2017; Barbieri et al. 2018). Além de apresentar compostos fenólicos como ácido gálico, ácido clorogênico e quercetina, que são responsáveis pela atividade antioxidante (Alves et al. 2017; de Oliveira Raphaelli et al. 2021).

O fruto apresenta um padrão respiratório classificado como climatérico. Seu metabolismo permanece ativo mesmo após a colheita, o que resulta no aumento da taxa respiratória e amadurecimento, posteriormente levando à fase de senescência. Esse processo torna o fruto altamente perecível, com uma durabilidade de cerca de seis dias quando armazenado sob refrigeração (Carvalho, 2006). Por conseguinte, devido ao seu amadurecimento rápido e às propriedades nutricionais da polpa da gabiropa, o fruto torna-se uma excelente matéria-prima para a aplicação na indústria de bebidas, sorvetes e geleias. Isso não apenas reduz as perdas pós-colheita, mas também diversifica as formas de seu consumo (Serenio et al. 2023).

Além disso, evidências epidemiológicas indicam uma correlação positiva entre a redução dos riscos de desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) e o consumo de alimentos abundantes em compostos antioxidantes, como os compostos fenólicos e os carotenoides presentes em vegetais (Banwo et al. 2021; Cilla et al. 2018).

O diabetes mellitus tipo 2 (DM2), é uma doença crônica, progressiva e complexa (Ong et al. 2023). Atualmente, flavonoides, taninos e ácidos fenólicos presentes nas frutas estão sendo relacionados com a capacidade de inibição de enzimas digestivas, como a α -amilase e α -glucosidase. Essas enzimas, correlacionam-se com os níveis de glicose no sangue cujo controle

é fator importante na hiperglicemia pós-prandial, ligada ao aparecimento do DM2 (Andrade, Barros, et al. 2022; Barros et al. 2020).

Regginato et al., (2021), realizaram um estudo sobre o potencial antidiabético e hipolipidêmico do extrato obtido por CO₂ supercrítico da semente de gabioba, em ratos hiperglicêmicos. Os resultados demonstraram que o extrato da semente do fruto é útil na redução dos níveis de glicemia, colesterol total e lipoproteína de baixa densidade (LDL) com potencial terapêutico adjuvante no tratamento de diabetes e hipercolesterolemia. Potenciais esses, correlacionados com as quantidades de compostos bioativos presentes no fruto.

Assim, para garantir que esses efeitos benéficos possam ser maximizados, os compostos fenólicos devem estar bioacessíveis no trato gastrointestinal. Logo, torna-se fundamental estudar a bioacessibilidade dos compostos para compreender a interação do que pode afetar seu potencial terapêutico, e assim, traçar estratégias para aumentar seus efeitos biológicos (Bouayed, Hoffmann, e Bohn 2011; Quatrin et al. 2020). Além disso, é fundamental adquirir conhecimento sobre as transformações que ocorrem ao longo do processo digestivo. Isso abre oportunidades para explorar novas fontes alimentares, especialmente aquelas provenientes de espécies frutíferas nativas subutilizadas, visando a criação de novos produtos alimentícios com propriedades funcionais (de Paulo Farias et al. 2021).

Nesse contexto, a fermentação de frutas tem sido sugerida como um método de grande valia para melhorar suas propriedades nutricionais e bioativas, estando correlacionada à biotransformação dos compostos bioativos (Barreto et al. 2023). Os fenólicos de diferentes classes são convertidos em compostos que muitas vezes apresentam maior atividade do que os compostos originais. A fermentação geralmente leva a um maior conteúdo fenólico e atividade antioxidante, potencializando a atividade inibitória das enzimas digestivas (Andrade, Barros, et al. 2022; Leonard et al. 2021; Marco et al. 2017). Além disso, análises de digestibilidade *in vitro* com os frutos da *C. xanthocarpa* Berg não foram relatadas até o momento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Determinar as características físico-químicas, atividade antibacteriana, inibição enzimática e avaliar os compostos fenólicos totais, flavonóides totais e atividade antioxidante do fruto de gabirola *in natura*, liofilizado e fermentado, antes e após a digestão *in vitro*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características físicas da gabirola *in natura*;
- Isolar leveduras da gabirola;
- Fermentar a gabirola pasteurizada com leveduras isoladas;
- Determinar as propriedades físico-químicas do fruto *in natura*, liofilizado e fermentado;
- Avaliar a atividade antibacteriana do fruto *in natura*, liofilizado e fermentado;
- Verificar a inibição enzimática da α -amilase e α -glucosidase do fruto *in natura*, liofilizado e fermentado;
- Estimar a bioacessibilidade dos compostos fenólicos totais e flavonoides totais antes e após a digestão *in vitro* do fruto *in natura*, liofilizado e fermentado;
- Avaliar a atividade antioxidante antes e após a digestão *in vitro* do fruto *in natura*, liofilizado e fermentado.

CAPÍTULO I

Parte deste capítulo foi submetido e aceito como “artigo de revisão” no XVII Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos e EPEAL, 2023. A ser publicado no Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA). Anexo I.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALIMENTOS DA SOCIOBIODIVERSIDADE, SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

A biodiversidade ou diversidade biológica, pode ser definida como a “variabilidade entre organismos vivos de todas as origens, incluindo, entre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos, aquáticos e os complexos ecológicos dos quais fazem parte; isto inclui a diversidade dentro das espécies, entre espécies e dos ecossistemas” (Convention on Biological Diversity, 1992).

O Brasil ocupa quase metade da América do Sul e é o país com a maior biodiversidade do mundo. Devido às distintas zonas climáticas, diferentes solos, grande extensão territorial e posição geográfica, são conhecidas no país, mais de 116.000 espécies de animais e mais de 46.000 espécies vegetais (MMA/Brasil, 2022).

O Brasil está entre os primeiros dos 17 países megadiversos do mundo (Uno - Environment Programme, 2009). Os seis biomas brasileiros, Amazônia, Caatinga, Pantanal, Pampa e Mata Atlântica, abrigam pelo menos 20% de todas as espécies do planeta (Lohbauer, 2019). Riqueza biológica que está associada a uma diversidade sociocultural, representada por povos indígenas, comunidades tradicionais, como quilombolas, pescadores, agricultores familiares, entre outros. Comunidades detentoras de todo conhecimento associado a esses agroecossistemas, que podem ser ou não valorizados nas questões que envolvam o manejo e a preservação de toda essa biodiversidade (SOS Amazônia, 2021).

O Plano Nacional da Sociobiodiversidade, implantado em 2008, visa a promoção das cadeias de produtos, agregação de valor socioambiental, geração de renda das famílias e a segurança alimentar de povos, comunidades tradicionais e agricultores familiares (MMA/Brasil, 2008). Dessa forma, os frutos e vegetais da biodiversidade, consumidos *in natura* ou em diferentes preparações, contribuem não apenas na estruturação de uma identidade alimentar baseada no território, mas também na soberania alimentar, no estímulo a produções

locais, no fornecimento de substâncias nutricionais bioativas, dentre outras (Pessoa e Ribas 2018).

Um grupo de plantas que vem se destacando entre os consumidores de alimentos saudáveis e sustentáveis, são as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), que segundo Kinupp e Barros (2007), são plantas que possuem uma ou mais partes comestíveis, sendo elas espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas que não estão incluídas no cardápio cotidiano. Várias dessas plantas fazem parte da Lista Nacional de Espécies da Sociobiodiversidade (Brasil, 2018). Aqueles que cultivam e comercializam espécies dessa lista têm acesso a políticas públicas, fortalecendo cadeias de valor para produtos da sociobiodiversidade, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) (Brasil, 2003) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (Brasil, 2009).

Tuler et al., (2019) analisaram o conhecimento e o uso de 56 espécies de PANC em uma comunidade de Minas Gerais. Os moradores entrevistados demonstraram grande conhecimento sobre o uso dessas plantas na alimentação e mantinham o cultivo das espécies em quintais, demonstrando forte relação com a terra e a biodiversidade ao redor. Demonstraram ser não apenas uma escolha saudável, mas o reconhecimento da herança cultural, o valor histórico do alimento na culinária regional, e uma agricultura mais sustentável, conservando a diversidade biológica.

Além disso, o Guia alimentar para população Brasileira (2014) enfatiza sobre a importância do consumo de alimentos de origem vegetal ou animal, provenientes de sistemas que impulsionam o uso sustentável dos recursos naturais, sem contaminantes, com objetivo de proteger a biodiversidade, respeitar e aperfeiçoar os saberes e formas de produções tradicionais, incentivando a população a consumir alimentos orgânicos e de base agroecológica, contribuindo para o aumento da renda de produtores da agroecologia familiar e para um sistema alimentar socialmente e ambientalmente sustentável (Brasil, 2014).

Nesse âmbito, foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), os chamados Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), que são um “apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade”. O ODS 2 visa “erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável” (ONU, 2022). Os pequenos produtores têm se mostrado capazes de promover a agricultura sustentável, atuando como importantes agentes de conservação dos recursos naturais e combate à pobreza e à fome (dos Santos et al., 2020).

Neste segmento, com o intuito de promover a conservação da biodiversidade e a utilização sustentável de forma integrada, com garantia de repartição justa, valorizando conhecimentos tradicionais, contribuindo para a erradicação da pobreza e baseada nos mesmos princípios e diretrizes que foram estabelecidos para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade - PNB (Decreto nº 4.339, de 2002), foi criada a Estratégia e Plano de Ações Nacionais para a Biodiversidade (EPANB). Com visão até 2050, a valorização, conservação e utilização de forma sustentável da biodiversidade brasileira e os serviços ecossistêmicos (Brasil, 2017).

Inseridas nas estratégias de EPANB existem projetos estaduais. Dentre as várias iniciativas, no estado do PR, destaca-se um projeto específico de conservação da gabioba. O projeto “Gabioba: manejo agroflorestal, estruturação de cadeia produtiva com geração de renda para a agricultura familiar e desenvolvimento de novos ingredientes alimentícios” (Fig.1). Este projeto é formado por uma parceria entre a Embrapa Florestas, a empresa de extratos vegetais Heide (Pinhais, PR), e a Fundação Certi. Tem como objetivo estruturar a cadeia produtiva da gabioba, visando à geração de renda para a agricultura familiar, capacitando os agricultores na coleta e processamento dos frutos em polpa e farinha, propondo também o desenvolvimento de extratos e de novos produtos para a indústria de alimentos e cosmética (Embrapa, 2021).

FIGURA 1 - PROJETO DA “GABIROBA”



Fonte: Prefeitura de Irati – PR.

2.2 BIODIVERSIDADE DE FRUTAS NO BRASIL

Segundo Stafussa, et al. (2021), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando atrás da China e Índia. A produção anual é de cerca de 45 milhões de toneladas, das quais 65% são consumidas internamente e 35% são destinadas ao mercado externo.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em 2021 o Brasil atingiu recorde histórico com mais de US\$1,21 bilhão de frutas exportadas (MAPA, 2021), e foi escolhido pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o Ano Internacional das Frutas e Vegetais, com o objetivo de aumentar a conscientização sobre a importância de incluir esses itens na alimentação para melhorar a saúde da população (FAO, 2020).

Além disso, grande parte da saúde humana depende de produtos do ecossistema e de meios de subsistência produtivos, como disponibilidade de água potável, disponibilidade de alimentos e fontes de combustível. À medida que influencia a produção mundial de alimentos, garantindo produtividade, qualidade dos solos, recursos para as culturas agrícolas, pecuárias e espécies marinhas destinadas à alimentação, a biodiversidade desempenha papel crucial na nutrição e saúde humana (FORC, 2021).

A maioria das diversas espécies frutíferas nativas brasileiras é predominantemente encontrada nas regiões da Amazônia e do Cerrado. A região Sul também se destaca por abrigar uma rica variedade de frutos silvestres, com especial destaque para a família botânica Myrtaceae, que exhibe o maior número de espécies com potencial alimentar (Pereira et al. 2012). Na flora brasileira, há cerca de 1.000 espécies pertencentes a 23 gêneros vegetais, principalmente na família Myrtaceae, apresentando uma vasta gama de componentes químicos com propriedades nutricionais e funcionais. Esses componentes têm o potencial de aprimorar a qualidade nutricional da dieta (Embrapa, 2021).

Da família Myrtaceae, a gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg), a goiaba (*Psidium cattleianum* Sabine), a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), a jabuticaba (*Myrciaria* sp.), a cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) e o camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh), são exemplos comumente utilizados na medicina popular, apresentando grande potencial de exploração econômica, alta produtividade e baixos custos de implantação e manutenção (Pereira et al. 2012).

Dentre os frutos da sociobiodiversidade, a gabioba está descrita no livro “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial, de Uso Local e Regional – Plantas para o Futuro”, da região Sul do Brasil. O livro apresenta excelentes perspectivas econômicas e utilização do fruto ao mercado de produtos artesanais e industriais, devido ao sabor adocicado e altamente aromático (Brasil, 2011). Recentemente, o livro “Gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg) uma preciosidade da Mata Atlântica – Propriedades nutricionais, medicinais e receitas funcionais ilustradas”, (Anexo II) foi

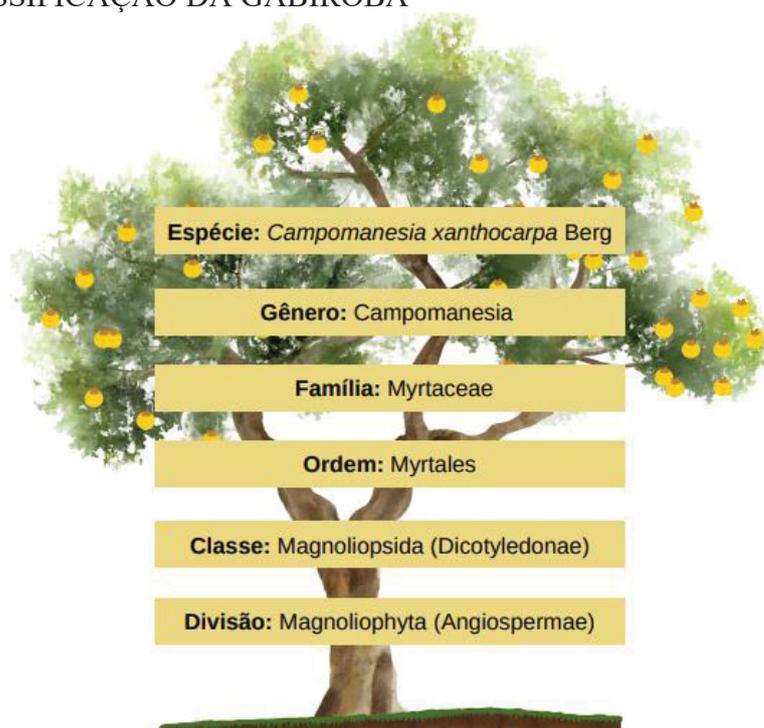
publicado, onde contempla um conteúdo abrangente sobre o fruto, contribuindo no contexto da biodiversidade, características do cultivo, valor nutricional, uso medicinal e pratos culinários com o fruto e a farinha concentrada de gabioba (Serenio et al. 2023).

Uma busca na plataforma Web of Science utilizando os descritores “gabioba”, “guabioba”, “guavirova e “*Campomanesia xanthocarpa*”, com combinações dos operadores booleanos OR e AND, resultou em mais de 607 registros. A quantidade de dados publicados sobre a gabioba aumentou significativamente, passando de 117 registros entre os anos de 2003 a 2013 para 504 registros na última década. Isso demonstra um crescente interesse na busca por informações sobre essa espécie da biodiversidade brasileira. As informações da literatura evidenciam que a gabioba possui potencial para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, bem como para a geração de renda em comunidades locais. Além disso, há indícios de possíveis efeitos benéficos na prevenção de DCNT (Blesh et al., 2019).

2.3 GABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E MORFOLÓGICAS

A *C. xanthocarpa* Berg é popularmente denominada como gabiobeira, tem origem tupi-guarani e significa “árvore da casca amarga”. É uma planta endêmica da América do Sul cuja estrutura varia de pequena a grandes árvores (3 a 25 m) (Barbieri et al. 2018). A gabioba possui diversas espécies, sendo as mais comuns a *Campomanesia xanthocarpa*, *Campomanesia adamantium*, *Campomanesia pubescens* e *Campomanesia guazumifoli* (de Castro, Catelan, et al., 2023; de Castro, Souza, et al., 2023; Teixeira et al., 2019). A *C. xanthocarpa* é uma das espécies que conforme o Sistema de Classificação de Cronquist, citado por Carvalho, (2006), está classificada conforme mostra a figura 2.

FIGURA 2- CLASSIFICAÇÃO DA GABIROBA

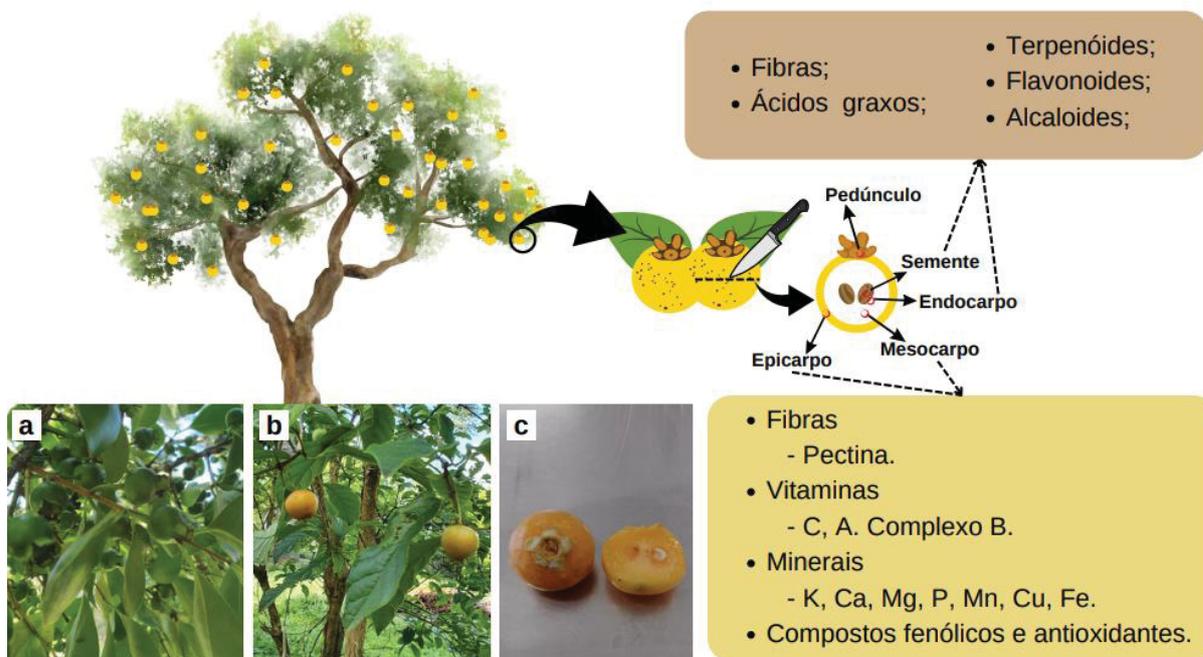


O fruto da gabirobeira origina-se de um pedúnculo próximo aos galhos da árvore. A gabiroba apresenta uma estrutura esférica, com casca fina que é verde quando está em fase de imaturidade e se torna amarela quando atinge a maturação. A polpa do fruto é carnuda, suculenta e apresenta um aroma agradável. Seu sabor é adocicado, com um toque sutil de acidez. Pesa entre 2 a 6 g e consiste basicamente em um epicarpo (casca), uma polpa rica em carboidratos (endo e mesocarpo), duas ou mais sementes com alta concentração de ácido oleico e ácido linoleico, além de conter terpenoides, flavonoides e alcaloides (Capeletto et al. 2016) (Fig.3). Segundo Santos et al., (2013), o fruto é distribuído em 17% casca, 60% polpa, 16% semente e 7% pedúnculo. A composição centesimal do fruto é 83,5% de umidade, 1,0% proteína, 0,4% cinzas, 0,7% lipídios e 10,2% carboidratos (Andrade et al., 2012). No entanto, divergências relacionadas a quantificação da composição nutricional podem acontecer devido a diversidade morfológica do fruto, além das diferenças climáticas e características do solo (Prestes et al. 2021).

A polpa da gabiroba tem potencial para o desenvolvimento de bebidas (sucos, vinhos, licores e iogurtes), geleias artesanais, compotas, corantes naturais, produtos cárneos, produtos de panificação e filmes biodegradáveis (Barbieri et al. 2018; Duarte et al. 2010). Além de seu potencial comercial, a gabiroba se destaca por suas propriedades biológicas como atividades

antioxidante, anti-inflamatória, antidiabética, antimicrobiana e hipotensora (de Oliveira Raphaelli et al. 2021).

FIGURA 3 - GABIROBA: COMPONENTES ESTRUTURAIS E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL



(a) Frutos de gabiroba imaturo (b) maduro e sua (c) morfologia.

A gabiroba é rica em fibras alimentares, correspondendo 6 a 10% em fruto *in natura* (de Oliveira Raphaelli et al. 2021). Essas fibras são divididas em duas porções de acordo com a hidrossolubilidade: a parte insolúvel e a parte solúvel. A parte solúvel se destaca por ser rica em pectinas, polissacarídeos mais complexos da parede celular primária das plantas que são compostas por três classes principais de polímeros: homogalacturonanos (HG), ramnogalacturonanos I (RG-I) e ramnogalacturonan II (RG-II) (Barbieri et al., 2019). Estruturas constituídas principalmente por ácido galacturônico, galactose, arabinose e ramnose.

As pectinas são responsáveis pela manutenção da integridade estrutural das células vegetais, além de terem um papel importante na regulação do desenvolvimento de plantas e em várias funções fisiológicas. Elas também são amplamente utilizadas na indústria alimentícia e farmacêutica devido às suas propriedades emulsionantes, espessantes e gelificantes (Barbieri et al., 2019). Assim, a polpa de gabiroba tem sido muito utilizada para a obtenção de pectina.

O fruto é rico em vitaminas, com destaque para a vitamina C (3058 mg ácido ascórbico/100 g em base seca). Concentração superior a frutas consideradas fonte dessa vitamina, como camu-camu (1.882 mg/100 g) e acerola (1.357 mg/100 g) (Rufino et al. 2010). A DRI (2006) recomenda a ingestão diária de 60 e 75 mg de vitamina C para mulheres e homens adultos, respectivamente. Com base na recomendação média de 67,5 mg/dia, é necessário consumir apenas 2,20 g da gabiroba (base seca) para atingir a ingestão média recomendada. Vitamina A e do complexo B, como tiamina (0,2 µg/g), riboflavina (1,5 µg/g), ácido pantotênico (25,9 µg/g), piridoxina (15,2 µg/g) e biotina (0,3 µg/g) (Schmidt et al. 2019) também são encontrados na gabiroba.

Entre os minerais encontrados no fruto *in natura*, destaca-se o potássio (192,59 mg/100 g), seguido do cálcio (161,38 mg/100 g), magnésio (77,94 mg/100 g), fósforo (19,51 mg/100 g), sódio (16,05 mg/100 g), manganês (2,37 mg/100 g), zinco (1,37 mg/100 g), cobre (1,14 mg/100 g) e ferro (0,48 mg/100 g) (Embrapa, 2015). Uma xícara cheia (100 g) de gabiroba *in natura* atingiria a recomendação diária da DRI (2006), para homens e mulheres de manganês (131,6% e 103,0%, respectivamente) e cobre (126,6%).

A gabiroba também é fonte de carotenoides, principalmente α -caroteno (4,8 µg/g), β -caroteno (5,4 µg/g), violaxantina (2,84-4,5 µg/g), β -criptoxantina (5,8 µg/g) e luteína (4,5-14,92 µg/g). A presença de carotenóides na gabiroba tem sido correlacionada com sua elevada atividade antioxidante e elevado potencial antimicrobiano (*Pseudomonas aeruginosa*, CIM de 40,0 mg/mL) (Capeletto et al. 2016).

O fruto da *C. xanthocarpa* é classificado como climatérico, o que o torna dependente de reações químicas durante o armazenamento pós-colheita. Isso faz com que a colheita tenha um impacto direto na composição global da fruta, começando desde as fases iniciais de maturação, quando ocorre a síntese de etileno associada à formação de pigmentos que posteriormente determinarão a cor e as características da fruta (de Oliveira Raphaelli et al. 2021). Esse efeito também se estende até o estágio de maturação avançado do fruto, levando à sua degradação parcial.

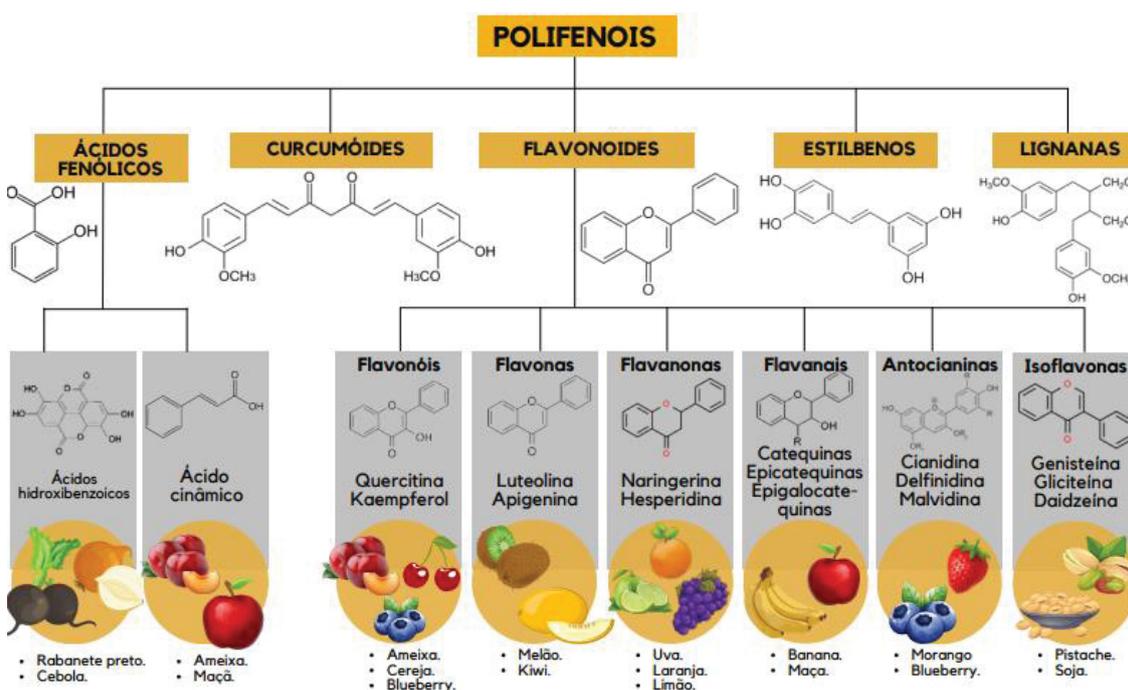
A reação do etileno é uma reação do amadurecimento de frutos no qual um hormônio vegetal simples interage com uma matriz rica em carboidratos (Yu et al. 2023). Esse hormônio quebra ligações e desencadeia mudanças na matriz, resultando em alterações na textura, desenvolvimento de sabor e características de odor. Além disso, é importante destacar a reação da clorofila em conjunto com a síntese de pigmentos, como carotenoides e antocianinas (Yu et al. 2023). Essa interação culmina na coloração amarelo alaranjado característica da gabiroba.

Além dos frutos, outra parte da gabirobeira amplamente estudada são suas folhas, contendo compostos fenólicos, flavonoides, ácido clorogênico, ácido gálico e quercetina (Sant'anna et al. 2017). Na medicina popular, as folhas são utilizadas em infusões para combater doenças inflamatórias, questões urinárias e hipercolesterolemia (Castanha et al., 2023).

2.4 GABIROBA: COMPOSTOS BIOATIVOS COM EFEITO ANTIGLICÊMICO

As frutas são ricas em fitoquímicos, que são compostos químicos não nutritivos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas, derivados das principais vias primárias, como a glicólise, ciclo de ácido cítrico ou tricarboxílico, via das pentoses fosfato, via do ácido chiquímico entre outras vias (Soares Mateus et al. 2023). São responsáveis por características de cor, aroma, adstringência e estabilidade dos alimentos, além da atividade biológica das plantas na defesa contra predadores, radiação ou organismos patogênicos (Denardin et al. 2015). Uma das principais classes de compostos bioativos em frutas são os compostos fenólicos, incluindo os ácidos fenólicos e flavonoides (Fig. 4). Os flavonoides são conhecidos por serem potentes antioxidantes e sequestradores de radicais livres derivados de sua estrutura química (Soares Mateus et al. 2023).

FIGURA 4 - POLIFENÓIS E SUBCLASSES



A gabirola é um dos frutos da biodiversidade que apresenta uma quantidade significativa de compostos fenólicos e flavonoides totais e atividades antioxidantes (Tabela 1). O perfil de compostos fenólicos da gabirola, quando comparado com outros frutos da biodiversidade, apresenta duas vezes mais compostos fenólicos que frutos de uvaia e três vezes mais que araçá-rosa (Egea; Pereira-Netto, 2019). Dentre as frutas da biodiversidade investigadas no estudo de Arruda et al., (2022), os frutos da gabirola se destacaram por apresentar um perfil de compostos fenólicos rico em flavonoides e chalconas, característico e pouco comum em outras frutas, como cagaita (*Eugenia disenterica* DC), Jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne), Laboeira (*Solanum lycocarpum* A. St.-Hil) e Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). Foram identificados mais de 10 compostos distintos, que exibem propriedades quimioprotetoras, antiproliferativas, analgésicas, antioxidantes e anti-inflamatórias.

Em estudo conduzido por Arcari et al., (2020), uma variedade de compostos de diversas classes químicas foi identificada nos frutos verdes e maduros da *C. xanthocarpa*, apresentando uma variação nos compostos polifenólicos, predominantemente influenciada pela biossíntese e regulação enzimática durante o processo de maturação. Essa variação dos compostos ocorre a partir de determinadas enzimas que promovem a quebra de ligações entre compostos fenólicos e açúcares, podendo levar à diminuição dos fenólicos glicosilados com o amadurecimento. Entre os compostos encontrados, a catequina, quercetina, kaempferol, ácido gálico e elágico foram predominantes nos frutos maduros. Além disso, compostos como epicatequina, naringenina e apigerina também estão presentes na gabirola. Além dos frutos, as folhas da gabirola também exibem uma rica composição de compostos antioxidantes, principalmente ácido clorogênico, quercetina, ácido gálico e rutina (Pastori et al. 2013).

A catequina é um dos compostos que tem demonstrado potencial na inibição da enzima α -amilase. Ela se liga às cadeias laterais do sítio ativo da enzima, formando um complexo que impede a ligação ao substrato. Esse mecanismo de ação resulta em uma inibição não competitiva, onde a presença da catequina não apenas compete com o substrato pela ligação ao sítio ativo, mas também modifica a conformação da enzima de tal forma que o processo catalítico é afetado, levando à diminuição da atividade da α -amilase (De Oliveira Raphaelli et al., 2021). A inibição da enzima α -glucosidase ocorre da mesma forma, os grupos carboxil e hidroxil dos ácidos fenólicos têm a capacidade de se ligar ao amido por meio de ligações de hidrogênio, quelação ou ligação cruzada, formando pontes ou ligações cruzadas que resultam

na inibição da enzima. Esses mecanismos de inibição contribuem para o potencial antiglicêmico dos compostos presentes nas frutas. (Pacheco et al. 2021).

TABELA 1 - COMPOSTOS FENÓLICOS E FLAVONOIDES TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DE *C. xanthocarpa* EXTRAÍDOS COM DIFERENTES SOLVENTES.

Compostos bioativos	Parte	Solvente	Valor encontrado	Referência	
Fenólicos totais (mg de ácido gálico/g) **(mg de ácido clorogênico/g)	Fruta	CO ₂	39,1	(Czaikoski et al. 2015)	
		Etanol (1:6)*	25,0	(Justino et al., 2020)	
		Água	132,0	(Santos et al., 2013)	
		Água	49,0	(Justino et al., 2020)	
			Metanol	90,3**	(Pereira et al., 2012)
	Sementes	CO ₂	17,2	(Capeletto et al. 2016)	
		n-Butano	68,6	(Capeletto et al., 2016)	
		Etanol	177,0	(Santos et al., 2012)	
		Hexano	43,3	(Santos et al., 2012)	
		Clorofórmio	64,5	(Santos et al., 2012)	
Etil acetato		86,37	(Santos et al., 2012)		
Flavonoides (mg de quercetina/g)	Fruta	Etanol (1:1)*	0,68	(Santos et al., 2013)	
		Etanol (1:6)*	31,0	(Justino et al., 2020)	
		Água	4,9	(Justino et al., 2020)	
	Sementes	CO ₂	2,3	(Capeletto et al.,2016)	
		n-Butano	8,1	(Capeletto et al., 2016)	
Antioxidantes	Fruta	DPPH (IC ₅₀ mg/mL)	Etanol (1:6)*	0,043	(Justino et al. 2020)
			Água	0,332	(Justino et al., 2020)
		ORAC (mmol TE/g)	Etanol (1:6)*	0,26	(Justino et al., 2020)
			Água	0,56	(Justino et al., 2020)
		ABTS (mmol TE/g)	Água	50,75	(de Paulo Farias et al. 2020)

*(amostra/volume)

O uso de plantas medicinais, no tratamento de DCNT, tornou-se cada vez mais popular devido ao baixo custo, facilidade de acesso e reduzidos efeitos colaterais dessas alternativas naturais. As folhas de gabioba são utilizadas tradicionalmente como infusões com efeito antiulcerogênico, antioxidante, anti-inflamatório, antidiabético e hipotensor (de Oliveira Raphaelli et al. 2021). Essa abordagem mostra-se promissora para auxiliar no controle e tratamento de DCNT, destacando a necessidade de realizar mais estudos aprofundados sobre esse tema, buscando compreender melhor o mecanismo de ação e o potencial terapêutico dos compostos bioativos, proporcionando avanços significativos no cuidado e manejo da doença (Shabab, Gholamnezhad, e Mahmoudabady 2021).

Segundo Hossain et al., (2020), a compreensão das alterações mediadas pelo DM2 na farmacocinética e na bioatividade dos polifenóis da dieta pode levar a melhorar os benefícios desses fitoquímicos e os resultados clínicos subsequentes para a doença. Ocorrendo a proteção das células β pancreáticas contra a toxicidade da glicose, efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes, inibição de α -amilases ou α -glucosidase e, portanto, diminuição da digestão do amido e inibição da formação de produtos finais de glicação avançada.

As células β pancreáticas, responsáveis pela regulação dos níveis de glicose no sangue, são suscetíveis ao estresse oxidativo, devido à baixa capacidade antioxidante. Elevações crônicas de glicose induzem o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e, conseqüentemente, aumento do estresse oxidativo (Rahman et al. 2022). Níveis excessivos dessas espécies podem alterar a estrutura e função de proteínas e lipídios celulares, levando à disfunção, apoptose e necrose das células β , que afetam a secreção ou função da insulina (Chowdhury et al. 2021). Portanto, o estresse oxidativo é um importante alvo terapêutico do DM2, e os antioxidantes são eficazes em neutralizar ou capturar espécies reativas de oxigênio (Carvalho; Conte-Junior, 2021; Sun et al., 2021).

Em teste *in vitro*, a gabioba demonstrou capacidade de inibir a enzima α -amilase, com IC_{50} de 25,6 $\mu\text{g/mL}$ e α -glucosidase, com IC_{50} de 169 $\mu\text{g/mL}$. No entanto, essa inibição ocorreu em uma concentração superior a acarbose (IC_{50} de 3 e 150 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente) (Arcari et al. 2020).

Em teste *in vivo*, Regginato et al., (2021) avaliaram o potencial antidiabético e hipoglicemiante do extrato de semente de gabioba, obtido por CO_2 supercrítico, em ratos hiperglicêmicos. Os resultados demonstraram que a semente do fruto é útil na redução dos níveis de glicemia, colesterol total e lipoproteína de baixa densidade (LDL) com potencial

terapêutico adjuvante no tratamento de diabetes e hipercolesterolemia. Esses potenciais são correlacionados com as quantidades de compostos bioativos presentes no fruto, especialmente a 5,7-dimetoxiflavona. Esta é uma das principais flavonas com atividades biológicas reconhecidas, incluindo propriedades antiglicêmicas e hipolipidêmicas.

Além disso, Vinagre et al., (2010) observaram que o extrato aquoso das folhas secas (20 g/L) da gabirobeira reduziu significativamente os níveis de glicose no sangue, inibiu a perda de glicogênio hepático e preveniu potenciais alterações histopatológicas no pâncreas e rins, em um estudo experimental com 70 ratos Wistar, com DM2 induzido.

2.5 BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS FENÓLICOS E ALIMENTOS FERMENTADOS

A ingestão e absorção de compostos ativos dos alimentos, como compostos fenólicos, podem ser divididas em várias etapas, incluindo a liberação do composto ativo, absorção gastrointestinal e efeitos metabólicos, que proporcionam benefícios à saúde (Dantas et al. 2023; Q. Zhao et al. 2023). Assim, quando um alimento é ingerido, percorre o sistema digestivo, incluindo região superior (boca, estômago e intestino delgado) e inferior (cólon), passando por processos físicos, químicos e biológicos que visam promover a desintegração de algumas estruturas alimentares e permitem com que os fitoquímicos sejam liberados da matriz alimentar (Dantas et al. 2023). Após serem liberados, os fitoquímicos são absorvidos pela camada de células que revestem todo o trato gastrointestinal através de mecanismos de transportes passivo ou ativo. A partir disso, os fitoquímicos são transportados para a corrente sanguínea através da veia porta (hidrofílico) ou do sistema linfático (hidrofóbico), dependendo de sua polaridade (Q. Zhao et al. 2023).

Assim, a bioacessibilidade é a quantidade de uma molécula bioativa liberada da matriz alimentar no trato gastrointestinal que, finalmente, torna-se disponível para absorção no intestino delgado. Já a biodisponibilidade refere-se à quantidade de compostos disponíveis para funções fisiológicas normais ou armazenados no sistema circulatório após metabolismo e eliminação intestinal (Dantas et al. 2023). Muitos polifenóis existem naturalmente da forma glicosilada nos alimentos, dificultando sua absorção direta pelos enterócitos. Conseqüentemente, antes da absorção, esses devem ser hidrolisados por enzimas localizadas na borda em escova do intestino delgado para separar as porções de açúcar do esqueleto fenólico.

Estudos tem demonstrado aumento na concentração de muitos compostos fenólicos em

alimentos submetidos à fermentação (Barreto et al. 2023). Os produtos fermentados são caracterizados como "aqueles produtos alimentares ou bebidas produzidos por meio do crescimento microbiano controlado e conversões enzimáticas de seus componentes alimentares principais e secundários" (Marco et al. 2021). Portanto, a fermentação exibe uma ampla diversidade de resultados conforme os tipos de microrganismos empregados, especialmente bactérias e fungos (leveduras e bolores), resultando em impactos positivos nas propriedades funcionais, nutricionais e sensoriais do produto final (Leonard et al. 2021).

Durante o processo de fermentação desses alimentos, diversas reações bioquímicas são desencadeadas por múltiplos microrganismos que resultam na liberação de vitaminas, aminoácidos, enzimas, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), ácidos orgânicos, compostos fenólicos e peptídeos bioativos, que podem apresentar benefícios à saúde humana. Além disso, a interação dos microrganismos fermentadores pode permitir a biotransformação de compostos fenólicos durante a fermentação, resultando em maior bioatividade (Diez-Ozaeta e Astiazaran 2022). A potencialização dos compostos antioxidantes pode ocorrer pelo rompimento da parede celular, a partir da fermentação, liberando, sintetizando ou convertendo compostos fenólicos.

Além disso, os alimentos fermentados têm sido explorados como nichos para isolamento de bactérias e leveduras com potencial para aplicações biotecnológicas (de Assis et al. 2021). Ademais, cepas de microrganismos podem apresentar efeitos benéficos à saúde, como propriedades probióticas, hipocolesterolêmica, anti-hipertensiva, entre outros (Fakruddin, Hossain, e Ahmed 2017; Verón et al. 2019).

Em um estudo conduzido por Prestes et al., (2021), foi realizado um processo de fermentação láctica do leite com a adição de polpa de gabioba em concentrações de 5% e 10%, utilizando a cepa *Bifidobacterium* BB-12. Os autores sugeriram que a composição do fruto, rica em compostos bioativos pode ter exercido um efeito prebiótico sobre as bifidobactérias e protegido os três microrganismos analisados durante a simulação do trato gastrointestinal, incluindo o ambiente altamente ácido do estômago. Notavelmente, durante essa fase de digestão, a adição de 10% de polpa de gabioba resultou em uma significativa taxa de sobrevivência, mesmo para as cepas sensíveis de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*, exibindo taxas de sobrevivência 60,4% e 21,7% maiores do que a amostra controle.

Em outro estudo, Duarte et al., (2010) realizaram a fermentação alcoólica de vários frutos nativos, incluindo a gabioba. Os autores observaram a presença de diversos compostos que são encontrados em outros tipos de vinhos, mostrando o potencial do fruto para a utilização na produção de bebidas fermentadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. M.; DIAS, T.; HASSIMOTTO, N. M. A.; NAVES, M. M. V. Ascorbic acid and phenolic contents, antioxidant capacity and flavonoids composition of Brazilian savannah native fruits. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 37, n. 4, p. 564–569, 2017. Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos, SBCTA.
- ANDRADE, J. K. S.; BARROS, R. G. C.; PEREIRA, U. C.; et al. α -Amylase inhibition, cytotoxicity and influence of the in vitro gastrointestinal digestion on the bioaccessibility of phenolic compounds in the peel and seed of *Theobroma grandiflorum*. **Food Chemistry**, v. 373, p. 131494, 2022. Elsevier.
- ANDRADE, DAYANNE REGINA MENDES et al. Caracterização por composição nutricional da guabiroba. In: **Congresso Brasileiro De Fruticultura**, v. 22. 2012.
- ARCARI, S. G.; ARENA, K.; KOLLING, J.; et al. Polyphenolic compounds with biological activity in guabiroba fruits (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.) by comprehensive two-dimensional liquid chromatography. **Electrophoresis**, v. 41, n. 20, p. 1784–1792, 2020. Wiley-VCH Verlag.
- ARRUDA, H. S.; ARAÚJO, M. V. L.; MAROSTICA JUNIOR, M. R. Underexploited Brazilian Cerrado fruits as sources of phenolic compounds for diseases management: A review. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 5, p. 100148, 2022. Elsevier.
- DE ASSIS, B. B. T.; PIMENTEL, T. C.; DANTAS, A. M.; et al. Biotransformation of the Brazilian Caatinga fruit-derived phenolics by *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Lacticaseibacillus casei* 01 impacts bioaccessibility and antioxidant activity. **Food Research International**, v. 146, 2021. Elsevier Ltd.
- BANWO, K.; OLOJEDE, A. O.; ADESULU-DAHUNSI, A. T.; et al. Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. **Food Bioscience**, v. 43, p. 101320, 2021. Elsevier.
- BARBIERI, S. F.; DA COSTA AMARAL, S.; RUTHES, A. C.; et al. Pectins from the pulp of guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Structural characterization and rheological behavior. **Carbohydrate Polymers**, v. 214, p. 250–258, 2019. Elsevier.

BARBIERI, S. F.; DE OLIVEIRA PETKOWICZ, C. L.; DE GODOY, R. C. B.; et al. Pulp and Jam of Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. **Food Chemistry**, v. 263, p. 292–299, 2018. Elsevier.

BARRETO, S. M. A.; MARTINS DA SILVA, A. B.; PRUDÊNCIO DUTRA, M. DA C.; et al. Effect of commercial yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on fermentation metabolites, phenolic compounds, and bioaccessibility of Brazilian fermented oranges. **Food Chemistry**, v. 408, p. 135121, 2023. Elsevier.

BARROS, R. G. C.; PEREIRA, U. C.; ANDRADE, J. K. S.; et al. In vitro gastrointestinal digestion and probiotics fermentation impact on bioaccessibility of phenolics compounds and antioxidant capacity of some native and exotic fruit residues with potential antidiabetic effects. **Food Research International**, v. 136, p. 109614, 2020. Elsevier.

BLESH, J.; HOEY, L.; JONES, A. D.; FRIEDMANN, H.; PERFECTO, I. Development pathways toward “zero hunger”. **World Development**, v. 118, p. 1–14, 2019a. Pergamon.

BOUAYED, J.; HOFFMANN, L.; BOHN, T. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 14–21, 2011. Elsevier.

BRASIL FOOD TRENDS 2020. Disponível em: <https://alimentosprocessados.com.br/arquivos/Consumo-tendencias-e-inovacoes/Brasil-Food-Trends-2020.pdf>. Acesso em: 23/09/2022.

BRASIL. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul / Lidio Coradin; Alexandre Siminski; Ademir Reis. – Brasília: MMA, p. 934, 2011. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-e-flora/Regiao_Sul.pdf. Acesso em: 23/09/2022.

BRASIL. Ministério Da Saúde. Secretaria de atenção à saúde. Departamento de atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira / ministério da saúde, secretaria de atenção à saúde, departamento de atenção Básica. – 2. ed. – Brasília: ministério da saúde, p. 156, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a

Biodiversidade. Secretaria de Biodiversidade, Departamento de Conservação de Ecossistemas. Brasília, DF: MMA, 2017.

BRASIL. Lei Nº 10.696, de 2 de julho de 2003. Presidência da República - Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos.

BRASIL. Lei Nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Presidência da República - Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria Interministerial nº 284, de 30 de maio de 2018. Institui a lista de espécies da sociobiodiversidade, para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados, no âmbito das operações realizadas pelo Programa de Aquisição de Alimentos-PAA.

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

CARVALHO, A. P. A. DE; CONTE-JUNIOR, C. A. Health benefits of phytochemicals from Brazilian native foods and plants: Antioxidant, antimicrobial, anti-cancer, and risk factors of metabolic/endocrine disorders control. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 534–548, 2021. Elsevier.

CARVALHO, P. E. R. **Especies Arboreas Brasileiras**. 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/florestas/publicacoes/especies-arboreas-brasileiras>. Acesso em: 09/09/2023.

DE CASTRO, T. L. A.; CATELAN, T. B. S.; DE ANDRADE DOS SANTOS, J. V.; DE OLIVEIRA, K. M. P.; CARDOSO, C. A. L. Chemical composition and biological activities of the infusion of leaves of *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O.Berg: Tea with nutraceutical and medicinal potential. **Food and Humanity**, 2023. Elsevier. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2949824423001052>>.

DE CASTRO, T. L. A.; SOUZA, L. P.; LIMA-JUNIOR, S. E.; CARDOSO, C. A. L. Optimization of obtaining extracts with photoprotective and antioxidant potential from

Campomanesia adamantium (Cambess.) O. Berg. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 31, p. 100945, 2023. Elsevier.

CHOWDHURY, H. U.; ADNAN, M.; OH, K. K.; CHO, D. H. Decrypting molecular mechanism insight of Phyllanthus emblica L. fruit in the treatment of type 2 diabetes mellitus by network pharmacology. **Phytomedicine Plus**, v. 1, n. 4, p. 100144, 2021. Elsevier.

CILLA, A.; BOSCH, L.; BARBERÁ, R.; ALEGRÍA, A. 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. Academic Press.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 1992. Disponível em: <https://www.cbd.int/convention/>. Acesso em: 16/05/2023.

CZAIKOSKI, K.; MESOMO, M. C.; KRÜGER, R. L.; QUEIROGA, C. L.; CORAZZA, M. L. Extraction of Campomanesia xanthocarpa fruit using supercritical CO₂ and bioactivity assessments. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 98, p. 79–85, 2015. Elsevier.

DANTAS, A. M.; FERNANDES, F. G.; MAGNANI, M.; DA SILVA CAMPELO BORGES, G. Gastrointestinal digestion assays for evaluating the bioaccessibility of phenolic compounds in fruits and their derivatives: an overview. **Food Research International**, v. 170, p. 112920, 2023. Elsevier.

DENARDIN, C. C.; HIRSCH, G. E.; DA ROCHA, R. F.; et al. Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 23, n. 3, p. 387–398, 2015. No longer published by Elsevier.

DIEZ-OZAETA, I.; ASTIAZARAN, O. J. Fermented foods: An update on evidence-based health benefits and future perspectives. **Food Research International**, v. 156, p. 111133, 2022. Elsevier.

DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; OLIVEIRA, J. M.; et al. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabirola, jaboticaba and umbu. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 10, p. 1564–1572, 2010. Academic Press.

DRI. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, v. 19, p. 741-760, 2006.

EGEA, M. B.; PEREIRA-NETTO, A. B. Bioactive compound-rich, virtually unknown, edible fruits from the Atlantic Rainforest: changes in antioxidant activity and related bioactive compounds during ripening. **European Food Research and Technology**, v. 245, n. 5, p. 1081–1093, 2019. Springer Verlag.

EMBRAPA. Espécies Árboreas Brasileiras. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília/PR, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/especies-arboreas-brasileiras/myrtaceae>. Acesso em: 28/11/2022.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2020. Frutas e legumes – os seus alimentos essenciais. O Ano Internacional das Frutas e Legumes, 2021, documento de referência, Roma.

FAKRUDDIN, M.; HOSSAIN, M. N.; AHMED, M. M. Antimicrobial and antioxidant activities of *Saccharomyces cerevisiae* IFST062013, a potential probiotic. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 17, n. 1, 2017. BioMed Central Ltd.

FORC. Centro de Pesquisa em Alimentos. Frutas mirtáceas: explorando a biodiversidade Brasileira como uma estratégia na promoção da saúde, 2021. Disponível em: <https://alimentossemmitos.com.br/frutas-mirtaceas-explorando-a-biodiversidade-brasileira-como-uma-estrategia-na-promocao-da-saude>. Acesso em: 28/11/2022.

HOSSAIN, U.; DAS, A. K.; GHOSH, S.; SIL, P. C. An overview on the role of bioactive α -glucosidase inhibitors in ameliorating diabetic complications. **Food and Chemical Toxicology**, v. 145, p. 111738, 2020. Pergamon.

JUSTINO, A. B.; DE MOURA, F. R. B.; FRANCO, R. R.; ESPINDOLA, F. S. α -Glucosidase and non-enzymatic glycation inhibitory potential of *Eugenia dysenterica* fruit pulp extracts. **Food Bioscience**, v. 35, p. 100573, 2020. Elsevier.

KINUPP, VF., DE BARROS, IBI. Riqueza de plantas alimentícias não-convencionais na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 63-65, 2007. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/115891>. Acesso em: 09/09/2023.

LEONARD, W.; ZHANG, P.; YING, D.; ADHIKARI, B.; FANG, Z. Fermentation transforms the phenolic profiles and bioactivities of plant-based foods. **Biotechnology Advances**, v. 49, p. 107763, 2021. Elsevier.

LOHBAUER, C. CropLife Brasil, 2019. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/sobre-croplife>. Acesso em: 07/09/2023.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. Brasil bate recorde histórico com mais de US\$ 1,21 bilhão em exportação de frutas em 2021.

MARCO, M. L.; HEENEY, D.; BINDA, S.; et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 44, p. 94–102, 2017. Elsevier Current Trends.

MARCO, M. L.; SANDERS, M. E.; GÄNZLE, M.; et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. **Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology**, 1. mar. 2021. Nature Research.

MMA/BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade. Disponível em: Acesso em: 24/01/2022.

MMA/BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Sociobiodiversidade. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/desenvolvimento-rural/sociobiodiversidade/banco-de-dados/itemlist/category/76-sociobiodiversidade.html>. Acesso em: 24/01/2022.

DE OLIVEIRA RAPHAELLI, C.; PEREIRA, E. DOS S.; CAMARGO, T. M.; et al. Biological activity and chemical composition of fruits, seeds and leaves of guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg – Myrtaceae): A review. **Food Bioscience**, v. 40, p. 100899, 2021. Elsevier.

ONG, K. L.; STAFFORD, L. K.; MCLAUGHLIN, S. A.; et al. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. **The Lancet**, v. 402, n. 10397, p. 203–234, 2023. Elsevier.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em: 08/06/2023.

ONU. Nações Unidas e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Ano internacional das frutas e vegetais: diversidade dos alimentos é essencial para a alimentação. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/105688-ano-internacional-das-frutas-e-vegetais-diversidade-dos-alimentos-e-essencial-para>. Acesso em: 28/10/2022.

ONU. Nações Unidas e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-ve-epidemia-de-obesidade-na-america-latina-e-caribe/>. Acesso em: 28/10/2022.

PACHECO, S. M.; SEIFERT, M.; SCHIAVON, R. A.; et al. Antioxidant activities and antidiabetic potential of extract of fruits from the Myrtaceae family: inhibitory effects on alpha-amylase and alpha-glucosidase activities. **Biomedical and Biopharmaceutical Research**, 2021. Disponível em: <10.19277/bbr.18.1.259>.

PASTORI, T.; FLORES, F. C.; BOLIGON, A. A.; et al. Genotoxic effects of *Campomanesia xanthocarpa* extracts on *Allium cepa* vegetal system. **Pharmaceutical Biology**, v. 51, n. 10, p. 1249–1255, 2013.

DE PAULO FARIAS, D.; DE ARAÚJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; et al. Effect of in vitro digestion on the bioaccessibility and bioactivity of phenolic compounds in fractions of *Eugenia pyriformis* fruit. **Food Research International**, v. 150, p. 110767, 2021. Elsevier.

DE PAULO FARIAS, D.; NERI-NUMA, I. A.; DE ARAÚJO, F. F.; PASTORE, G. M. A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125630, 2020. Elsevier.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; et al. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.

PESSÔA, L. O. D.; RIBAS, L. C. C. **Presença e diversidade de frutas nativas brasileiras na carta de bebidas manipuladas de restaurantes, bares e similares na via gastronômica de coqueiros (Florianópolis/SC)**. 2018.

PRESTES, A. A.; VERRUCK, S.; VARGAS, M. O.; et al. Influence of guabiroba pulp (*campomanesia xanthocarpa* o. berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 141, p. 110135, 2021. Elsevier.

QUATRIN, A.; RAMPELOTTO, C.; PAULETTO, R.; 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, p. 103714, 2020. Elsevier.

RAHMAN, M. M.; DHAR, P. S.; SUMAIA; et al. Exploring the plant-derived bioactive substances as antidiabetic agent: An extensive review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 152, p. 113217, 2022. Elsevier Masson.

REGGINATO, A.; CUNICO, L.; BERTONCELLO, K. T.; et al. Antidiabetic and hypolipidemic potential of *campomanesia xanthocarpa* seed extract obtained by supercritical co₂. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, n. 3, p. 621–631, 2021. Instituto Internacional de Ecologia.

REGINA MENDES ANDRADE, D.; VIEIRA HELM, C.; ALBERTO MAZZA, C.; CRISTINA MEDEIROS MAZZA, M. **Caracterização por Composição Nutricional da Guabiroba**. 2012.

RUFINO, M. DO S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; 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. Elsevier.

SANT'ANNA, L. S.; MERLUGO, L.; EHLE, C. S.; et al. Chemical Composition and Hypotensive Effect of *Campomanesia xanthocarpa*. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2017, 2017. Hindawi Limited.

DOS SANTOS, L. P.; SCHMIDT, C. M.; MITHÖFER, D. Impact of Collective Action Membership on the Economic, Social and Environmental Performance of Fruit and Vegetable Farmers in Toledo, Brazil. **Journal of Co-operative Organization and Management**, v. 8, n. 1, p. 100107, 2020. Elsevier.

SANTOS, M. DA S.; DE LIMA, J. J.; PETKOWICZ, C. L. DE O.; BILESKI CANDIDO, L. M. Chemical characterization and evaluation of the antioxidant potential of gabiropa jam (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 35, n. 1, p. 73–82, 2013.

SANTOS, M. DA S.; MIGUEL, O. G.; PETKOWICZ, C. L. O.; CÂNDIDO, L. M. B. Antioxidant and fatty acid profile of gabiropa seed (*Campomanesisa Xanthocarpa* Berg). **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 234–238, 2012. FapUNIFESP (SciELO).

SARMENTO, M. B.; SILVA, A. C. S.; SILVA, C. S. Recursos genéticos de frutas nativas da família Myrtaceae no Sul do Brasil. **Magistra**, v. 24, p. 250–262, 2012.

SCHMIDT, H. DE O.; ROCKETT, F. C.; PAGNO, C. H.; et al. Vitamin and bioactive compound diversity of seven fruit species from south Brazil. **The Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, p. 3307–3317, 2019.

SERENO, A. B.; ETGETON, S. A. P.; PINTO, C. D.; et al. **Gabiropa (*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg) uma preciosidade da Mata Atlântica – Propriedades nutricionais, medicinais e receitas funcionais ilustradas**. Atena Editora, 2023.

SHABAB, S.; GHOLAMNEZHAD, Z.; MAHMOUDABADY, M. Protective effects of medicinal plant against diabetes induced cardiac disorder: A review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 265, p. 113328, 2021. Elsevier.

SOARES MATEUS, A. R.; PENA, A.; SENDÓN, R.; et al. By-products of dates, cherries, plums and artichokes: A source of valuable bioactive compounds. **Trends in Food Science & Technology**, v. 131, p. 220–243, 2023. Elsevier.

SOS AMAZÔNIA. O que é sociobiodiversidade, 2021. Disponível em: <https://sosamazonia.org.br/tpost/lb65m0vse1-o-que-sociobiodiversidade>. Acesso em: 25/08/2022.

SUN, C.; LIU, Y.; ZHAN, L.; et al. Anti-diabetic effects of natural antioxidants from fruits. **Trends in Food Science & Technology**, v. 117, p. 3–14, 2021. Elsevier.

TEIXEIRA, N.; MELO, J. C. S.; BATISTA, L. F.; et al. Edible fruits from Brazilian

biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tools to select research. **Food Research International**, v. 119, p. 325–348, 2019. Elsevier.

TULER, A. C.; PEIXOTO, A. L.; SILVA, N. C. B. DA. Unconventional food plants in the rural (ufp) community of saõ josé da figueira, durandé, minas gerais, Brazil. **Rodriguesia**, v. 70, 2019. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Uno - Convention on biological diversity, Sustaining Life on Earth, 2009. Disponível em: <https://www.cbd.int/convention/guide/>. Acesso em: 26/09/2022. sos

VERÓN, H. E.; GAUFFIN CANO, P.; FABERSANI, E.; et al. Cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice fermented with autochthonous *Lactobacillus plantarum* S-811. **Food and Function**, v. 10, n. 2, p. 1085–1097, 2019. Royal Society of Chemistry.

VINAGRE, A. S.; DELLA', Â.; RUBIO, S.; et al. **Anti-diabetic effects of *Campomanesia xanthocarpa* (Berg) leaf decoction**. 2010.

YU, W.; MA, P.; SHENG, J.; SHEN, L. Postharvest fruit quality of tomatoes influenced by an ethylene signaling component during long-term cold storage. **Food Chemistry**, v. 422, p. 136087, 2023. Elsevier.

ZHAO, Q.; WANG, Z.; WANG, X.; et al. The bioaccessibility, bioavailability, bioactivity, and prebiotic effects of phenolic compounds from raw and solid-fermented mulberry leaves during in vitro digestion and colonic fermentation. **Food Research International**, v. 165, p. 112493, 2023. Elsevier.

CAPÍTULO II

1.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

1.1.1 Caracterização do estudo

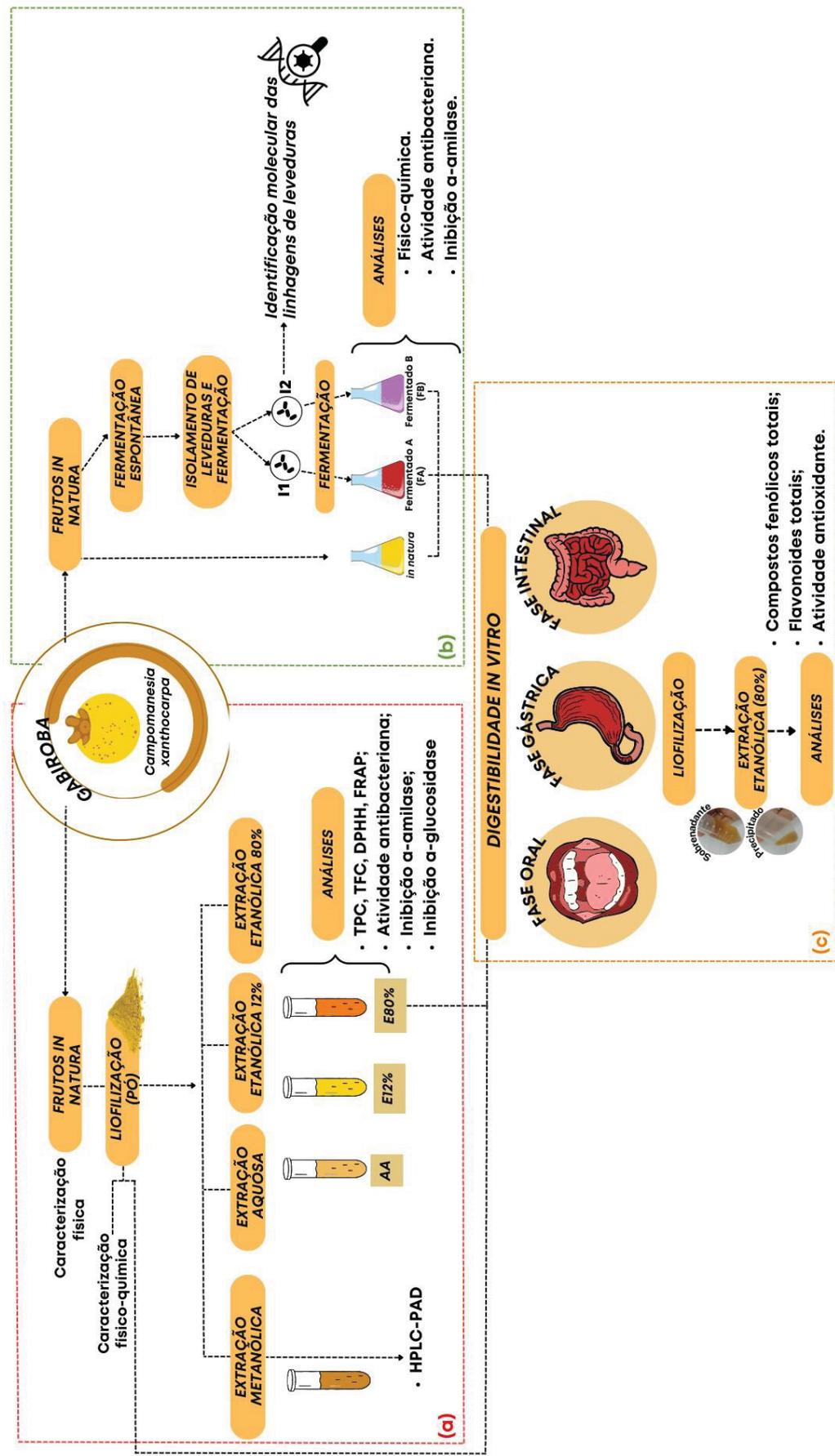
Trata-se de um estudo experimental, com análise laboratorial. As análises foram realizadas nos laboratórios dos Departamentos de Nutrição, Farmácia e de Genética Molecular de Microrganismos da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Campus Jardim Botânico e Centro Politécnico, Curitiba - PR.

As análises experimentais foram organizadas em dois Capítulos: Capítulo III e IV. No Capítulo III, realizou-se análises de atividade antibacteriana, inibição de α -amilase e α -glucosidase, bem como a digestibilidade *in vitro*, avaliando compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidante (pelos ensaios de DPPH, FRAP e ABTS) do pó e extrato de gabioba. No Capítulo IV, duas linhagens de leveduras foram isoladas a partir da fermentação espontânea dos frutos de gabioba, e posteriormente inoculadas nos frutos pasteurizados de *C. xanthocarpa* para realizar a fermentação. Procedeu-se à avaliação da atividade antibacteriana, inibição α -amilase e bioacessibilidade de TPC, TFC e atividade antioxidante (pelos ensaios de DPPH, FRAP e ABTS) antes e após a simulação da digestão *in vitro*, dos frutos *in natura*, fermentado A e B. A Figura 3 (pag. 44) ilustra os procedimentos realizados para os preparos das amostras e as análises realizadas em ambos os capítulos.

1.1.2 Característica da coleta e das amostras

A coleta do fruto foi realizada em dezembro de 2021, em uma chácara no município de São José dos Pinhais (25°44'28.7"S; 49°08'32.5"W), Paraná, Brasil, cultivada por uma pequena produtora. Os frutos foram coletados de duas árvores, durante duas semanas consecutivas, a temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, com o auxílio de um colhedor de frutos adaptado. Os frutos foram selecionados considerando a ausência de lesões, infecções visíveis e também a uniformidade da cor, sendo colhidos aproximadamente 3,0 Kg (Fig.1). Uma parcela desses frutos foi imediatamente submetida a um processo de higienização, passando por uma etapa de sanitização em uma solução de hipoclorito de sódio (NaClO, 100 ppm) por um período de 10 minutos, seguido de enxágue com água corrente, (Brasil, 2018). Outra parte dos frutos foi lavada com água destilada no ambiente do laboratório e, posteriormente, ambas as partes foram

FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DE PROCEDIMENTOS E ANÁLISES REALIZADAS



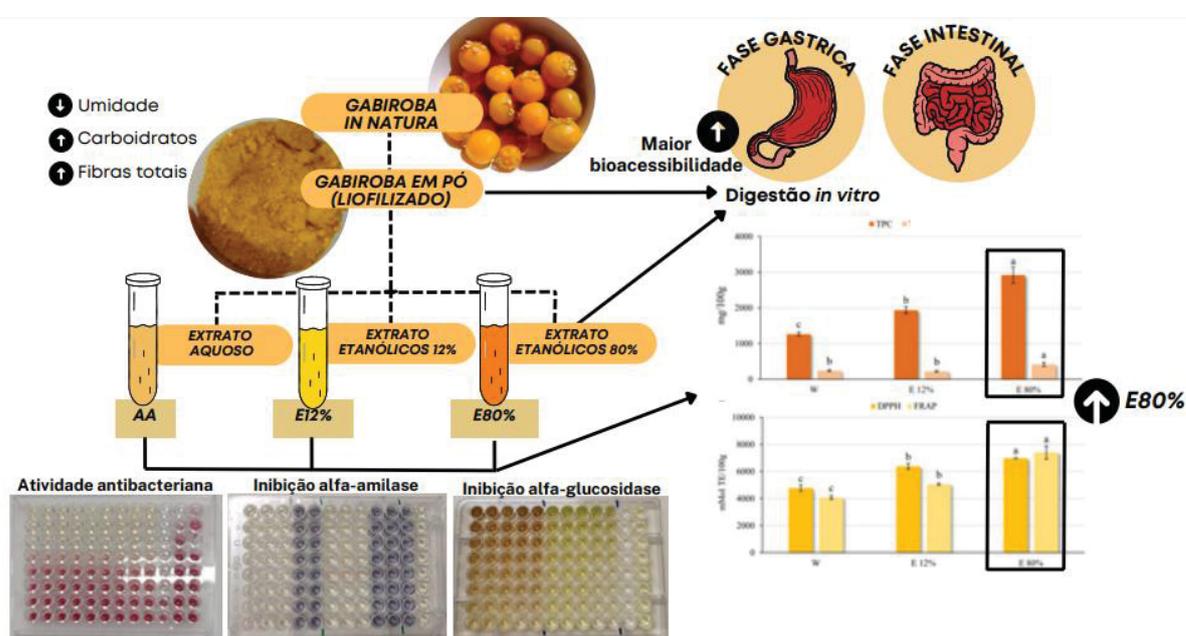
(a) Análises realizadas no Capítulo III, (b) e IV. (c) Bioacessibilidade *in vitro* de compostos fenólicos totais (TPC), flavonóides totais (TFC) e atividade antioxidante da gabioba liofilizada, E80% (Cap. III), fruto *in natura*, fermentado A e B (Cap. IV).

CAPÍTULO III

ETGETON, S. A. P.; ÁVILA, S.; SILVA, A. C. R.; DE LIMA, J. J.; RODRIGUES, A. D. D. P. S.; BEUX, M. R.; KRÜGER, C. C. H. O conteúdo desse capítulo foi publicado integralmente na *Plant Foods for Human Nutrition*. Qualis – Capes A2 (2023). Anexo V.

COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL, DIGESTÃO SIMULADA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS DO FRUTO DE *Campomanesia xanthocarpa*

RESUMO GRÁFICO



RESUMO

Os frutos da gabirobeira são conhecidos por seu rico conteúdo de nutrientes e compostos fitoquímicos bioativos que contribuem para atividades biológicas significativas. Apesar desses atributos, o potencial antioxidante e a estabilidade dos compostos fenólicos nos subprodutos da gabiroba após a digestão ainda não foram estudados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição físico-química, atividade antibacteriana, efeitos inibitórios de α -amilase e α -glucosidase, bem como a digestibilidade *in vitro* de compostos fenólicos totais, flavonóides totais e atividade antioxidante do pó e extrato de gabiroba. O pó de gabiroba apresentou baixa umidade, alto teor de carboidratos e fibras. A extração com etanol a 80% demonstrou maiores atividades antioxidantes, antibacterianas, de inibição de α -amilase e α -glucosidase em comparação com os extratos de etanol a 12% e água. A catequina e o ácido ferúlico foram os

principais compostos fenólicos identificados por HPLC-DAD. Após a digestão, tanto o pó quanto o extrato de gabiroba apresentaram bioacessibilidade superior a 30% para compostos fenólicos totais e atividade antioxidante após a fase gástrica. No entanto, o extrato seco etanólico apresentou maior quantidade de compostos fenólicos totais após as fases gástrica e intestinal em comparação com o pó. O processamento da gabiroba em pó e extrato é uma abordagem promissora para aproveitar plenamente esse fruto sazonal, minimizar o desperdício, concentrar compostos benéficos à saúde e valorizar um subproduto para uso como ingrediente funcional e matéria-prima nas indústrias alimentícias e farmacêuticas.

Palavras-chave: Atividade biológica; Gabiroba; Extrato; Bioacessibilidade; Inibição α -amilase; Inibição α -glucosidase.

1. INTRODUÇÃO

A gabirobeira, cientificamente conhecida como *Campomanesia xanthocarpa* Berg, pertence à família Myrtaceae e produz um fruto denominado gabiroba (Barbieri et al. 2018). Este fruto é uma baga esférica com casca fina e lisa, variando do amarelo ao laranja. Recomenda-se o consumo da gabiroba logo após a colheita, que ocorre uma vez por ano e que dura cerca de uma semana, devido ao seu prazo de validade pós-colheita limitado causado pelo alto teor de açúcar e água (de Oliveira Raphaelli et al., 2021). A polpa da gabiroba é carnuda, suculenta e muito apreciada por seu sabor adocicado e aroma cítrico (Czaikoski et al. 2015). As frutas da estação, principalmente as perecíveis e ricas em compostos bioativos, como a gabiroba, são conservadas em diversas formas, como geleias, compotas, sorvetes e farinhas, permitindo o consumo mesmo na entressafra (Barbieri et al., 2018).

A transformação das frutas em pó e extrato possibilita o aproveitamento integral, minimizando o desperdício, reduzindo o teor de água e prolongando a vida útil. Além disso, o pó e o extrato derivados de frutas da estação podem apresentar maior concentração de compostos benéficos à saúde, oferecendo versatilidade culinária e incorporação conveniente em produtos alimentícios, suplementos ou cosméticos (Barbosa et al., 2021; Salmazzo et al., 2021). Além disso, extratos obtidos das folhas, frutos e sementes da gabirobeira têm sido reconhecidos como fontes abundantes de compostos fenólicos com potentes propriedades antioxidantes, enfatizando seu valor nutricional (Capeletto et al., 2016; Pereira et al., 2012).

A gabiroba possui alto teor de nutrientes, principalmente vitamina C (0,2 a 31,9 mg/mL) e compostos fenólicos antioxidantes (aproximadamente 507 μ M TE/g por ensaio ABTS),

responsáveis por suas atividades biológicas (de Oliveira Raphaelli et al. 2021). Em relação às atividades biológicas dos diferentes extratos dos frutos da gabioba, foram observadas atividades antidiabética (*in vitro* e *in vivo*), antimicrobiana, anti-inflamatória e antiproliferativa (de Oliveira Raphaelli et al. 2021). No entanto, a estabilidade e a bioacessibilidade desses compostos bioativos e antioxidantes na gabioba ainda não foram relatadas na literatura. Avaliar a bioacessibilidade de compostos encontrados em frutas nativas é crucial para compreender o seu valor nutricional, impulsionar o comércio, incentivar o desenvolvimento sustentável e a conservação da biodiversidade (Ferreira et al. 2022).

Os testes de digestão gastrointestinal *in vitro* desempenham um papel crucial na simulação das condições fisiológicas do corpo humano e na avaliação da absorção e disponibilidade desses compostos (Andrade, Chagas Barros, et al. 2022). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a composição físico-química, atividade antibacteriana, efeitos inibitórios sobre a atividade das enzimas α -amilase e α -glucosidase e a digestibilidade *in vitro* de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e a atividade antioxidante do pó e extrato de gabioba.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria-Prima

Um total de 3 kg de frutos de *C. xanthocarpa* com 75% da casca na cor laranja, foram colhidos em dezembro de 2021 em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil (25°44'28.7"S; 49°08'32.5"W). Os frutos foram lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio 100 ppm por 10 minutos. Cinquenta frutos inteiros foram selecionados do lote coletado para posterior análise física.

Para obtenção do pó de gabioba liofilizado, os pedúnculos dos frutos foram retirados e os frutos inteiros, incluindo polpa, casca e sementes, foram triturados em liquidificador doméstico (Britânia, São Paulo, Brasil). A mistura resultante foi transferida para um freezer a $-18\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ e posteriormente submetida à liofilização a -40 °C (Liobrás, L101, São Paulo, Brasil). A amostra liofilizada resultante foi moída em pó usando um almofariz e pilão e então armazenada a aproximadamente 5 °C .

Este projeto de pesquisa está registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e Conhecimento Tradicional Associado sob o número AAIC7E7.

2.2 Análise física e composição centesimal

Para a caracterização física dos frutos, foram considerados os seguintes parâmetros: peso do fruto (PF) medido em gramas através de pesagem individual em balança analítica (Ohaus, Modelo AR2140); diâmetros longitudinais e transversais (DL/DT) medidos em milímetros com paquímetro (Insize, precisão de 0,01mm); e densidade determinada pela técnica de deslocamento de água (Ferreira, 2001).

O pó de gabioba liofilizado foi submetido às determinações de umidade (AOAC 925,09), cinzas (AOAC 923,03), proteína (AOAC 960,52), fibra solúvel e insolúvel (AOAC 926,12) seguindo métodos oficiais padronizados (Sánchez-Quezada, Campos-Vega, e Loarca-Piña 2021). O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Bligh e Dyer (1959) os açúcares redutores e totais foram determinados pelo método de Somogyi Nelson (1960). Os carboidratos totais foram calculados por diferença.

2.3 Identificação e quantificação de compostos fenólicos

Os compostos fenólicos individuais foram extraídos seguindo o método descrito por Silva et al., (2021) com algumas modificações. O pó liofilizado de gabioba (0,5 g) foi submetido a duas extrações com metanol 80% acidificado com HCl 0,01% (5 mL) em banho ultrassônico (Unique, modelo USC-2850A, Campinas, São Paulo, Brasil) por 15 minutos à temperatura de 25 ± 2 °C. Após centrifugação a 2500 rpm por 10 minutos a 25 °C, os sobrenadantes foram combinados, filtrados e armazenados a -20 ± 2 °C. Os compostos fenólicos individuais foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, Pro Star, Varian®) acoplada a um detector de matriz de fotodiodos (PDA, Millford, MA, EUA). Foi utilizada coluna analítica C18 800 de 4,6 mm x 15 cm, 5 µm (TSKgel ODS-80Tm, TOSOH Bioscience, Japão).

As fases móveis consistiam em A (0,1% de ácido fórmico em água) e B (0,1% de ácido fórmico em metanol). As condições de separação por HPLC foram as seguintes: temperatura da coluna de 25 °C, vazão de 0,8 mL/min e volume de injeção de 20 µL. Um gradiente de 30 minutos foi empregado com as seguintes proporções: 0-3,81 min, 9% B; 3,81-4,85 min, 14% B; 4,85-5,89 min, 15% B; 5,89-8,32 min, 15% B; 8,32-9,71 min, 17% B; 9,71-10,40 min, 19% B; 10,40-12,48 min, 19% B; 12,48-13,17 min, 26% B; 13,17-14,21 min, 28% B; 14,21-15,95 min, 35% B; 15,95-16,64 min, 40% B; 16,64-18,37 min, 48% B; 18,37-22,53 min, 53% B; 22,53-22,88 min, 70% B; 22,88-30 min, 9% B. Os compostos fenólicos foram detectados em

um comprimento de onda de 280 nm.

2.4 Extração de amostras

O extrato aquoso (AA) e os etanólicos (E12% e E80%; v/v) do pó da gabioba liofilizado foram preparados seguindo o método descrito por Santana Andrade et al., (2022) com modificações. Primeiramente, 2 g do pó da amostra foram homogeneizados com 4 mL de solvente utilizando um misturador vórtex por 30 segundos, seguido de incubação em banho ultrassônico (Unique, modelo USC-2850A, Campinas, São Paulo, Brasil) por 15 minutos a uma temperatura de 25 ± 2 °C. Os extratos foram então centrifugados a 2500 rpm por 10 minutos a 25 °C. Em seguida, os sobrenadantes foram coletados e a fase sólida foi submetida a uma segunda extração semelhante. Finalmente, os sobrenadantes foram combinados, filtrados e armazenados a -20 ± 2 °C para posterior análise.

2.5 Atividade antibacteriana

A atividade antibacteriana *in vitro* foi avaliada seguindo a metodologia descrita por Ávila et al., (2019). Cepas padrão de três espécies bacterianas foram utilizadas: duas cepas Gram-negativas (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 e *Escherichia coli* ATCC 8739) e uma cepa Gram-positiva (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923). Diluições seriadas dos extratos de gabioba (AA, E12% e E80%) foram preparadas em caldo Müller-Hinton em microplaca de 96 poços para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM).

As culturas bacterianas obtidas a partir de culturas em caldo de Muller Hilton, por 24 h a 36 °C e foram ajustadas para 0,5 turbidez padrão de McFarland (1×10^8 UFC/mL) e diluídas para 1×10^6 UFC/mL no caldo. O antibiótico gentamicina foi um controle positivo, enquanto o etanol foi um controle negativo. Uma solução metanólica a 5% (v:v) de cloreto de 2,3,5-trifenil-tetrazólio (CTT) foi adicionada para confirmar visualmente o crescimento bacteriano. A CIM foi definida como a menor concentração ($\mu\text{g/mL}$) que não apresentou coloração rosa, indicando completa inibição do crescimento.

2.6 Atividade de inibição de α -amilase e α -glucosidase

A atividade de inibição da α -amilase pelo método iodo-amido foi realizada seguindo o protocolo de Quan et al., (2019) com modificações. Em uma microplaca de 96 poços, 20 μL de

cada extrato (AA, E12% e E80%) foram pré-incubados com 20 µL de solução de α-amilase (1 U/mL) a 37 °C por 10 minutos. Em seguida, foram adicionados 30 µL da solução de amido (0,5%). Após 6 minutos de incubação a 37 °C, foram adicionados 20 µL de ácido clorídrico (1 M) e 120 µL de solução aquosa de iodo 0,25 mM. A absorbância foi medida a 570 nm.

A atividade inibitória da α-glucosidase na microplaca foi medida de acordo com o método descrito por Wang et al., (2021). Primeiro, uma mistura contendo 50 µL de cada extrato, 50 µL de tampão fosfato de potássio (0,1 M, pH 7,0) e 100 µL de α-glucosidase (1 U/mL) foi incubada por 15 minutos a 37 °C. Em seguida, foram adicionados 50 µL do substrato p-nitrofenil-α-D-glicopiranosídeo (pNPG – 3 mg/mL) e a mistura foi incubada por 45 minutos a 37 °C. A absorbância foi medida a 405 nm.

A porcentagem de atividade inibitória enzimática foi calculada usando a seguinte equação:

$$(\%) \text{ Inibição } \alpha - \text{amilase} = \left(\frac{ABS_{\text{controle}} - (ABS_{\text{amostra}} - ABS_{\text{branco}})}{ABS_{\text{controle}}} \right) \times 100$$

Onde: ABS_{Controle}: Tampão Fosfato + Enzima; ABS_{Amostra}: Extrato + Enzima; ABS_{Branco}: Extrato + Tampão Fosfato. Acarbose foi utilizada como controle positivo, água e etanol como controle negativo.

2.7 Compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante

A determinação dos compostos fenólicos totais (TPC) foi realizada seguindo a metodologia descrita por Singleton e Rossi, (1965), e os flavonoides totais (TFC) foram analisados conforme Zhishen et al., (1999). A atividade antioxidante foi avaliada usando o ensaio de captura de radicais DPPH conforme descrito por Brand-Williams et al., (1995), o ensaio de redução de ferro FRAP conforme descrito por Benzie e Strain, (1996), e a atividade de eliminação de radicais ABTS conforme definido por Re et al., (1999). Os ensaios foram adaptados para microplacas de 96 poços seguindo as modificações propostas por Ávila et al., (2022), e as leituras foram feitas usando um leitor de microplacas (Multiskan™ Microplate Spectrophotometer, Thermo Fisher Scientific, Osaka, Japão) nos comprimentos de onda de 690 (TPC), 540 (TFC), 540 (DPPH), 620 (FRAP) e 690 (ABTS) nm, respectivamente. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (GAE)/100 g para TPC, mg de equivalente de catequina (CE)/100 g para TFC, e a atividade antioxidante dos ensaios em mmol Trolox equivalente (TE)/100 g de farinha de gabioba liofilizada.

2.8 Digestão gastrointestinal *in vitro*

A digestão gastrointestinal *in vitro* do pó e do extrato de etanol a 80% foi realizada seguindo protocolo Infogest (Brodkorb et al. 2019), com adaptações. Foram realizadas três etapas (digestão oral, gástrica e intestinal). Resumidamente, para digestão oral, 2,1 mL de solução estoque de Fluido Salivar, 0,3 mL de solução de α -amilase (1500 U/mL), 0,015 mL de CaCl_2 0,3 M foram misturados com 0,5 g ou 3 mL de amostra. O pH foi ajustado para 7,0 com NaOH 1M e água foi adicionada para completar 6 mL. A mistura foi incubada em banho com agitação por 2 minutos a 37 °C. Para a digestão gástrica foram adicionados 4,5 mL de solução estoque de Fluido Gástrico, 0,960 mL de solução de pepsina suína (2500 U/mL), 12,5 μL de CaCl_2 0,3 M, o pH da mistura foi ajustado com HCl 1 M para pH 3. Água foi adicionado para completar 12 mL. Após 2 h de incubação a 37 °C, a digestão intestinal foi iniciada. Para esta fase foram utilizados 6,6 mL do estoque de líquido intestinal, 3,0 mL de solução de pancreatina (800 U/mL), 1,5 mL de bile (160 mM de bile fresca), 0,024 mL de CaCl_2 0,3 M, NaOH 1 M para ajustar o pH para 7 e adicionar água para completar o volume para 24 mL. A mistura foi incubada novamente a 37 °C por 2 h. As fases gástrica e intestinal foram interrompidas por banho de gelo. As soluções foram centrifugadas a 2500 rpm por 10 minutos. Sobrenadantes e precipitados foram coletados, congelados a -18 °C e liofilizados para análise de compostos fenólicos e antioxidantes. Os brancos do procedimento foram feitos com água destilada e todas as enzimas digestivas nas mesmas condições do pó e extrato de gabioba.

A bioacessibilidade (%) foi definida como o teor do composto liberado no processo de digestão simulado em relação ao teor do composto na amostra, e o valor foi calculado conforme a fórmula Leufroy et al., (2012).

$$(\%) \text{Bioacessibilidade} = \left(\frac{\text{Conteúdo do composto liberado na digestão simulada}}{\text{Conteúdo do composto na amostra}} \right) \times 100$$

2.9 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o software estatístico SAS (versão 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). Os resultados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e foi realizado o teste de Tukey para identificar diferenças significativas. Foram consideradas diferenças significativas com $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise física e composição centesimal

O peso do fruto é uma característica que varia de acordo com a morfologia e espécie da gabirola. Pesquisas anteriores indicaram um peso médio de 10 g (Wesp et al. 2013). Porém, constatou-se que os frutos desta espécie têm aproximadamente metade do peso mencionado neste estudo, pesando menos de 5 g (da Silva Santos et al. 2009) (Tabela 1). É importante ressaltar que variações morfológicas e nutricionais nos frutos podem ocorrer devido a fatores genéticos e condições ambientais. Estudos indicam que a disponibilidade de água, luz solar e o período de colheita podem influenciar significativamente as características dos frutos, incluindo o tamanho (de Oliveira Raphaelli et al., 2021).

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS FRUTOS DE *C. xanthocarpa*

Parâmetros	Valores médios
Fruto <i>in natura</i>	
Massa (g)	2,86 ± 0,80
Diâmetro longitudinal (mm)	16,35 ± 1,62
Diâmetro transversal (mm)	14,75 ± 1,53
Densidade (g/mL)	1,11 ± 0,10
Gabirola em pó (g/100g)	
Umidade	6,76 ± 0,13
Cinzas	2,37 ± 0,02
Proteínas	2,84 ± 0,03
Lipídios	3,37 ± 0,04
Açúcar redutor	31,22 ± 0,03
Açúcares totais	40,30 ± 0,02
Fibras Solúveis	6,35 ± 0,02
Fibras Insolúveis	23,41 ± 0,03
Carboidratos	14,60 ± 0,02

Resultados expressos como média ± Desvio Padrão (DP). Valores em massa fresca do fruto (n= 50 frutos).

A gabioba em pó possui diversas aplicações na indústria de alimentos e bebidas, servindo como suplemento nutricional, corante alimentar e ingrediente de farinha (Salehi e Aghajanzadeh 2020). A gabioba em pó apresentou baixo teor de umidade ($< 7\%$), inferior ao limite permitido para farinhas comerciais de 15% na Resolução Brasileira (Brasil 2005). Este baixo teor de umidade tem papel fundamental na preservação da qualidade da farinha durante o armazenamento, evitando a proliferação de microrganismos indesejáveis.

Em termos de macronutrientes, a gabioba em pó é composta principalmente por carboidratos e fibras, tornando-se uma rica fonte desses componentes nutricionais. O alto teor de carboidratos (8 a 10%) das frutas contribui para sua doçura e aroma agradável, possibilitando a transformação da fruta *in natura* em diversos produtos, como geleias, compotas e sorvetes (Barbieri et al. 2018). Além disso, os carboidratos fornecem as calorias essenciais para o bom funcionamento do corpo (Fernandes et al. 2022).

Os frutos em pó de *C. xanthocarpa* são notáveis por seu alto teor de fibra dietética contendo 30% . Em uma porção de 30 g, equivalente a duas colheres de sopa rasa, o pó fornece aproximadamente 9 gramas de fibra, qualificando-o como uma excelente fonte de fibra ou rico em fibras de acordo com os regulamentos do Food and Drug Administration (FDA). Esse valor supera a exigência mínima estabelecida pela Resolução Anvisa nº 54 de 2012, (Brasil 2012), que estipula o mínimo de 6 g de fibra por 100 g de alimento para ser considerado fonte desse nutriente.

Considerando a recomendação diária média de ingestão total de fibras para mulheres e homens adultos, que é de 25 e 38 g, respectivamente (DRI, 2006), duas colheres de sopa de *C. xanthocarpa* liofilizado contribuíram com aproximadamente $11,12\%$ e $7,30\%$ da ingestão diária de fibras alimentares totais. Entre as fibras dietéticas presentes, cerca de 79% são insolúveis, o que pode desempenhar um papel essencial no aumento do volume fecal e no estímulo da motilidade intestinal humana. Além disso, o pó contém $21,33\%$ de fibras solúveis que podem contribuir em retardar o esvaziamento gástrico (Pereira et al. 2012). As fibras solúveis desempenham um papel importante na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, sendo que dentre outras ações benéficas, seu consumo se correlaciona com a redução da glicemia pós-prandial (Prasadi e Joye 2020). Essa combinação de fibras solúveis e insolúveis torna o pó de gabioba um alimento altamente benéfico para a saúde digestiva e geral.

Outro aspecto que merece destaque é o teor de cinzas da gabioba em pó, que indica a presença de minerais nos frutos. Estudos realizados com *C. xanthocarpa*, mostram a presença de minerais como cálcio, fósforo, magnésio, potássio e ferro (de Oliveira Raphaelli et al., 2021).

Notavelmente, a gabioba contém uma quantidade maior de cálcio (161,3 mg/100 g) em comparação com frutas amplamente consumidas como a banana (5,0 mg/100 g) (García et al. 2015). O cálcio desempenha um papel crucial na formação óssea e no bom funcionamento do sistema nervoso, sendo essencial no combate à osteoporose, principalmente quando combinado com o fósforo (Bemmo et al. 2023).

Além disso, a gabioba em pó apresenta diferenças significativas no teor de proteínas e lipídios em comparação com outras frutas. O pó derivado de *C. xanthocarpa* contém aproximadamente 3% de proteínas e lipídios, o que vai ao encontro dos achados de Pereira et al., (2012) sobre a gabioba liofilizada. Especificamente, em comparação com a gabioba com uvaia, esta última apresentou teor proteico três vezes maior (15,8 g/100 g). Por outro lado, a análise dos valores lipídicos do nosso estudo revelou que a gabioba tem aproximadamente sete vezes mais lipídios (3,7 g/100 g) que a uvaia e duas vezes mais que a goiaba amarela (Pereira et al. 2012).

3.2 Análises de atividades biológicas

Dois flavonoides e vários ácidos fenólicos foram identificados como parâmetros essenciais para estabelecer a qualidade da farinha e o seu efeito protetor contra os radicais livres, exercendo assim efeitos benéficos para a saúde. Os compostos fenólicos encontrados em maior quantidade foram catequina (728,78 mg/100 g) e ácido ferúlico (459,87 mg/100 g), enquanto miricetina (120 mg/100 g), ácido cinâmico (78,01 mg/100 g), ácido cafeico (29,00 mg/100 g) e ácido gálico (5,82 mg/100 g) estiveram presentes em quantidades menores. Esses compostos fenólicos encontrados na gabioba em pó têm sido amplamente estudados devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, anticancerígenas e cardioprotetoras (de Oliveira Raphaelli et al. 2021).

Vários fatores, como a concentração e a complexa interação entre os diversos componentes presentes nos extratos, podem influenciar a atividade antibacteriana (Cushnie e Lamb 2011). Embora os extratos de gabioba exibissem diferenças significativas no conteúdo fenólico total (TPC), conteúdo total de flavonóides (TFC) e atividade antioxidante, tanto os extratos aquosos (AA) quanto os etanólicos (E12% e E80%) exibiram atividade antibacteriana semelhante contra *S. aureus* bactérias (Tabela 2). Essa semelhança pode estar ligada à presença de outros compostos bioativos não medidos nos extratos que apresentam efeitos antibacterianos, potencialmente agindo sinergicamente com os compostos fenólicos (Cushnie e

Lamb 2011).

Contudo, o extrato E80% apresentou um nível de inibição comparável ao do controle positivo contra *Escherichia coli*, indicando que a extração com etanol resultou em um efeito mais pronunciado sobre esta bactéria. Santos & de Aquino Santana, (2019) enfatizaram a influência da polaridade do solvente na extração de compostos com propriedades distintas. Em relação a *Pseudomonas aeruginosa*, tanto o extrato aquoso quanto o etanólico apresentaram ação inibitória nas concentrações de 129,2 e 63,3 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente, mas em menor grau em comparação ao controle de gentamicina, comumente utilizado no combate a essas bactérias (3,7 $\mu\text{g/mL}$).

TABELA 2 - ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DOS EXTRATOS DE GABIROBA LIOFILIZADA

Microrganismos	AA	E12%	E80%	Controle positivo
	CIM ($\mu\text{g/mL}$)			
<i>S. aureus</i>	64,6	63,3	63,3	0,9
<i>E. coli</i>	64,6	63,3	1,9	1,8
<i>P. aeruginosa</i>	129,2	63,3	63,3	3,7

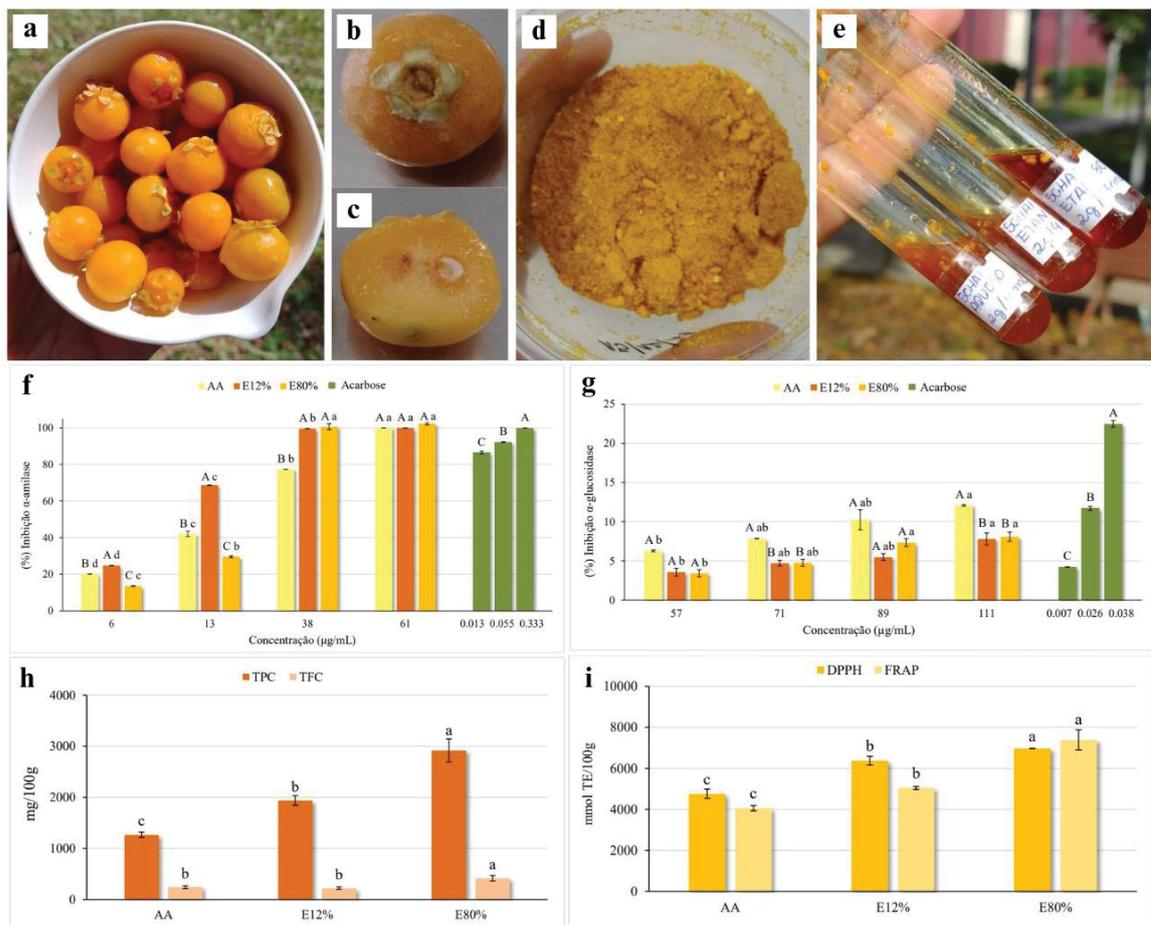
Valores obtidos em triplicata do extrato aquoso (AA), etanólico 12% (E12%) e etanólico 80% (E80%) da farinha liofilizada. CIM = concentração inibitória mínima ($\mu\text{g/mL}$). Controle positivo (antibiótico gentamicina).

Além da atividade antimicrobiana, os extratos (AA, E12% e E80%) também exibiram efeitos inibitórios sobre as enzimas α -amilase e α -glucosidase (Fig. 1f e g). No caso do extrato aquoso (AA), aumentar a concentração do extrato de 6 $\mu\text{g/mL}$ para 38 $\mu\text{g/mL}$ resultou em um aumento na inibição da α -amilase de 20% para 77%. Os extratos E12% e E80% demonstraram inibição da α -amilase de 24% e 13% para 6 $\mu\text{g/mL}$ e 99% e 100% para 38 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Os extratos etanólicos exibiram inibição completa da α -amilase na concentração de 38 $\mu\text{g/mL}$, enquanto o extrato aquoso obteve inibição completa na concentração de 61 $\mu\text{g/mL}$. O AA exibiu inibição da α -amilase com valor de IC_{50} de 15,29 $\mu\text{g/mL}$, enquanto os extratos etanólicos apresentaram valores de IC_{50} de 9,62 e 15,93 $\mu\text{g/mL}$ para E12% e E80%, respectivamente. Assim, tanto o extrato aquoso e o etanólico 80% exibiram valores de IC_{50} próximo, indicando eficácia comparável. Essas descobertas sugerem que os

extratos gabirola em pó pode ser empregados com estratégia para regular os níveis glicêmicos, retardando a quebra de carboidratos no intestino, auxiliando assim no controle dos níveis de glicose plasmática e no controle da glicemia pós-prandial (Jagadeesan et al. 2022).

A atividade antimicrobiana e a inibição enzimática da gabirola em pó podem ser atribuídas à presença de compostos fenólicos identificados. Estudos anteriores indicaram que certos ácidos fenólicos, como os ácidos gálico, cafeico e ferúlico, exibiram atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas (Capeletto et al. 2016; Czaikoski et al. 2015; Daglia 2012; Salmazzo et al. 2021). Além disso, esses polifenóis contribuem para uma degradação mais lenta dos monossacarídeos, resultando na redução da absorção de glicose na corrente sanguínea (Jagadeesan et al. 2022).

FIGURA 1- INIBIÇÃO α -AMILASE E α -GLUCOSIDASE DOS EXTRATOS DE GABIROBA



(a) Fruta fresca de gabirola, (b) fruta madura, (c) interior da fruta, (d) fruta liofilizada em pó e (e) extrato aquoso (AA), etanólico 12% (E12%) e etanólico 80% (E80%). Porcentagem de

inibição (f) α -amilase e (g) α -glucosidase. Conteúdo de (h) compostos fenólicos totais (TPC) e flavonóides totais (TFC) e ensaios antioxidantes de (i) DPPH e FRAP. Os valores médios indicados com letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre extratos na mesma concentração. Os valores médios indicados com letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as concentrações do mesmo extrato. De acordo com o teste estatístico de Tukey.

A extração de compostos bioativos da gabioba desempenha um papel crucial em termos de viabilidade econômica e aumento dos compostos ativos desejados. O rendimento de extração para E80% foi de 20%, com teor de sólidos de 0,1 g/mL no extrato. Em comparação com outros estudos, o rendimento de extração de sementes de *Campomanesia xanthocarpa* usando CO₂ supercrítico foi de $8,02 \pm 0,05\%$, enquanto com n-butano comprimido foi de $24,71 \pm 0,89\%$. (Capeletto et al. 2016). É importante considerar tanto a eficiência econômica quanto o aumento dos compostos ativos desejados ao realizar a extração (Capeletto et al. 2016).

Os valores de TPC, TFC e atividade antioxidante do E80% foram maiores em relação ao AA e E12% (Fig. 2). Apenas o TFC do extrato aquoso e etanólico 12% não apresentou diferenças significativas. Os valores de TPC, DPPH e FRAP aumentaram com o percentual de etanol, semelhante aos achados relatados por Pedro et al., (2018) para frutas de goji berry (*Lycium barbarum* L).

3.3 Digestão gastrointestinal *in vitro*

Degradação significativa de compostos fenólicos e antioxidantes foi observada em todas as análises realizadas para frutas em pó e extrato seco de etanol ($p < 0,05$) (Tabela 3). No entanto, níveis notáveis de TPC, TFC e atividade antioxidante foram observados durante a fase gástrica da digestão simulada. O pó liofilizado apresentou bioacessibilidade gástrica de 17% e 3% para TPC e TFC, respectivamente, enquanto na fase intestinal esses valores foram de 2% e 0,07%, respectivamente (Tabela 3). Com relação à atividade antioxidante avaliada pelos ensaios DPPH, FRAP e ABTS, a gabioba em pó demonstrou bioacessibilidade de 48%, 42% e 31%, após a fase gástrica e 6, 5 e 1%, respectivamente, após a fase intestinal.

Em contrapartida, o extrato etanólico seco apresentou maior bioacessibilidade gástrica em comparação com o pó liofilizado. A fase gástrica apresentou valores de 62% para TPC, 26% para TFC, 50% para DPPH, 43% para FRAP e 87% para ABTS. Os antioxidantes no extrato

seco foram três vezes mais disponíveis após a digestão gástrica do que no pó liofilizado. Na fase intestinal, o extrato seco demonstrou bioacessibilidade de 30% para TPC.

A liberação de ácidos fenólicos na fase gástrica e a seu subsequente potencial degradação ou conversão na fase intestinal sugere uma interação complexa entre o processo digestivo e a biodisponibilidade destes compostos. Embora as condições ácidas da fase gástrica facilitem a liberação de certos antioxidantes, as condições ligeiramente alcalinas da fase intestinal podem alterar sua estrutura química, afetando sua absorção e biodisponibilidade (Liao et al., 2022; Ma et al., 2023). A maior bioacessibilidade dos antioxidantes do extrato seco de etanol indica seu potencial como alimento funcional ou suplemento dietético que pode contribuir para a saúde e o bem-estar geral. A melhor absorção destes compostos bioativos pode melhorar os mecanismos de defesa do organismo contra o estresse oxidativo, reduzindo potencialmente o risco de doenças crônicas associadas ao dano oxidativo (Cheung et al., 2023; Khochapong et al., 2021).

TABELA 3 - COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONOIDE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO PÓ E EXTRATO SECO DE GABIROBA, ANTES E APÓS A DIGESTÃO *IN VITRO*.

	TPC	TFC	DPPH	FRAP	ABTS
Fruta em pó					
Não digerido	47,59± 4,11 ^a	43,14± 4,60 ^a	253,34 ± 24,52 ^a	312,37 ± 55,54 ^a	412,52 ± 27,64 ^a
Gástrico S.	8,16 ± 0,45 ^b	1,33 ± 0,27 ^b	122,45 ± 10,55 ^b	131,85 ± 7,20 ^b	129,97 ± 14,96 ^b
Intestinal S.	0,78 ± 0,08 ^c	0,03 ± 0,05 ^b	15,23 ± 2,27 ^d	15,32 ± 1,74 ^b	4,94 ± 0,53 ^c
Gástrico P.	6,68 ± 0,18 ^b	1,63 ± 0,25 ^b	99,59 ± 7,99 ^c	127,61 ± 7,48 ^c	129,48 ± 16,73 ^b
Intestinal P.	0,07 ± 0,01 ^c	nd	nd	nd	nd
Extrato seco					
Não digerido	44,63 ± 4,07 ^a	2,05 ± 0,52 ^a	837,88 ± 36,63 ^a	1096,64 ± 13,99 ^a	503,26 ± 81,80 ^a
Gástrico S.	27,75 ± 0,87 ^b	0,54 ± 0,13 ^b	421,85 ± 44,51 ^b	477,78 ± 5,32 ^b	438,65 ± 32,46 ^b
Intestinal S.	13,54 ± 2,21 ^c	nd	nd	nd	nd
Gástrico P.	10,33 ± 1,38 ^d	nd	87,66 ± 8,10 ^c	69,91 ± 16,62 ^c	19,26 ± 2,54 ^c
Intestinal P.	0,01 ± 0,02 ^c	nd	nd	nd	nd

Os dados são valores médios ± desvio padrão (n = 12). TPC (mgGAE/g), TFC (mgCE/g), DPPH, FRAP e ABTS (mmolTE/g). S: sobrenadante. P: precipitado. nd: não detectado. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as diferentes fases em cada amostra pelo teste de Tukey

O mesmo procedimento de extração foi empregado tanto para o sobrenadante quanto para o precipitado, garantindo a extração completa dos compostos em ambas as fases. Pode-se observar que para ambas as amostras, os valores de TFC e antioxidantes foram detectados apenas no precipitado gástrico. Em contraste, baixos valores de TPC foram detectados em ambas as fases do precipitado. A gabioba em pó apresentou valores antioxidantes de TPC, TFC e ABTS no precipitado gástrico significativamente ($p > 0,05$) equivalentes aos encontrados nos sobrenadantes da fase gástrica. No extrato seco, a capacidade antioxidante dos precipitados gástricos foi significativamente menor em comparação à fase dos sobrenadantes gástricos. A retenção de compostos antioxidantes no precipitado pode ser atribuída à formação de complexos ou interações com outras substâncias presentes na amostra e nos fluidos utilizados durante o processo de digestibilidade. Essas interações podem resultar na precipitação ou absorção dos compostos antioxidantes, levando à sua retenção no precipitado (Schulz et al., 2017).

A fibra alimentar presente no pó da fruta pode atuar como barreira, protegendo os compostos fenólicos e flavonóides das condições adversas do trato gastrointestinal, principalmente na fase intestinal. Este efeito protetor pode prevenir ou minimizar as interações dos compostos bioativos com outras substâncias, enzimas digestivas ou fluidos no intestino, auxiliando assim na preservação de sua biodisponibilidade e capacidade antioxidante. Isto destaca os benefícios potenciais do consumo da fruta inteira em pó como suplemento dietético ou alimento funcional, uma vez que pode oferecer melhor proteção e biodisponibilidade de importantes compostos bioativos que contribuem para os seus potenciais efeitos de promoção da saúde. Mais pesquisas são necessárias para elucidar os mecanismos específicos pelos quais a fibra alimentar e outros componentes do pó da fruta contribuem para a preservação desses compostos bioativos durante a digestão e seus potenciais benefícios à saúde (Quirós-Sauceda et al. 2014).

4. CONCLUSÃO

O pó da fruta gabioba mostra-se promissor como uma valiosa fonte alimentar devido às suas atividades nutricionais, funcionais e biológicas. A *C. xanthocarpa* liofilizada apresenta baixo teor de umidade (<7%) e é fonte de carboidratos (15%), fibras (30%) e compostos fenólicos, como catequina e ácido ferúlico, conhecidos por suas propriedades antioxidantes. O

extrato aquoso e os etanólico de gabioba em pó demonstraram atividade antibacteriana e inibiram efetivamente as enzimas α -amilase e α -glucosidase, indicando seu potencial no controle dos níveis glicêmicos.

O extrato etanólico 80% superou o extrato aquoso em termos de rendimento de extração, teor de compostos fenólicos, de flavonoides totais, atividade antioxidante e inibição da α -amilase. Mesmo após a digestão simulada, tanto a farinha quanto o extrato apresentaram redução de compostos fenólicos. No entanto, uma quantidade muito subjetiva em relação aos compostos avaliados permaneceu presente nas fases gástrica e intestinal.

Estas descobertas sugerem que o pó e o extrato etanólico de *Campomanesia xanthocarpa* são promissores para aplicações nas indústrias alimentícia e farmacêutica como farinha ou aditivo no desenvolvimento de alimentos, oferecendo soluções potenciais para mitigar as perdas pós-colheita e enfrentar os desafios da sazonalidade. Além disso, compreender as propriedades funcionais dos frutos da biodiversidade brasileira pode promover a sua valorização e contribuir para a segurança alimentar e nutricional, ao mesmo tempo que afirma a soberania sobre os recursos locais. Entretanto, mais estudos são necessários para uma investigação aprofundada dos componentes bioativos da gabioba e seus efeitos sinérgicos com outros componentes, bem como estudos *in vivo* para garantir sua segurança e eficácia.

REFERÊNCIAS

AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, Association of Official Analytical Chemists: Gaithersburg, MD, Chapter 44, n, 14, p, 22–33, 2000, 2012.

ALVES, A. M.; STEPHANIE, M.; ALVES, O.; DE, T.; FERNANDES, O. **Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba.** 2013.

ANDRADE, J. K. S.; CHAGAS BARROS, R. G.; PEREIRA, U. C.; et al. Bioaccessibility of bioactive compounds after *in vitro* gastrointestinal digestion and probiotics fermentation of Brazilian fruits residues with antioxidant and antidiabetic potential. **LWT**, v. 153, p. 112469, 2022. Academic Press. Acesso em: 11/9/2022.

ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; TEIXEIRA, G. L.; et al. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. **Food Research International**, v. 123, p. 1–10, 2019. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

ÁVILA, S.; ZALAMANSKI, S.; TANIKAWA, L. M.; KRUGER, C. C. H.; FERREIRA, S. M. R. Influence of Cooking Methods on *In Vitro* Bioaccessibility of Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant Activity of Red Cabbage. **Plant Foods for Human Nutrition**, 2022. Springer.

BARBIERI, S. F.; DE OLIVEIRA PETKOWICZ, C. L.; DE GODOY, R. C. B.; et al. Pulp and Jam of Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. **Food Chemistry**, v. 263, p. 292–299, 2018. Elsevier. Acesso em: 31/5/2023.

BARBOSA, C. H.; ANDRADE, M. A.; SÉNDON, R.; et al. Industrial fruits by-products and their antioxidant profile: Can they be exploited for industrial food applications? **Foods**, v. 10, n. 2, 2021. MDPI AG.

BAYANG, J. P.; LAYA, A.; KOLLA, M. C.; KOUBALA, B. B. Variation of physical properties, nutritional value and bioactive nutrients in dry and fresh wild edible fruits of twenty-three species from Far North region of Cameroon. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 4, p. 100146, 2021. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

BEMMO, U. L. K.; MVONGO, C.; BINDZI, J. M.; EKWELLE, W. N. M.; ZAMBOU, F. N. Contribution to the valorization of *Myrianthus arboreus* fruits pulp from Cameroon: Physico-chemical characterization and Nutritional value. **Measurement: Food**, v. 10, p. 100083, 2023. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996. Academic Press. Acesso em: 12/6/2023.

BLIGH E. G.; DYER W. J. **A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. Academic Press. Acesso em: 12/6/2023.

BRASIL. Resolução - RDC N° 263. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html>. Acesso em: 12/9/2023.

BRASIL. Resolução - RDC N° 54. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html>. Acesso em: 12/9/2023.

BRODKORB, A.; EGGER, L.; ALMINGER, M.; et al. INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. **Nature Protocols**, v. 14, n. 4, p. 991–1014, 2019. Nature Publishing Group.

CAPELETTO, C.; CONTERATO, G.; SCAPINELLO, J.; et al. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of guavirova (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) seed extracts obtained by supercritical CO₂ and compressed n-butane. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 110, p. 32–38, 2016. Elsevier. Acesso em: 31/5/2023.

CHEUNG, M.; ROBINSON, J. A.; GREENSPAN, P.; PEGG, R. B. Evaluating the phenolic composition and antioxidant properties of Georgia pecans after in vitro digestion. **Food Bioscience**, v. 51, p. 102351, 2023. Elsevier. Acesso em: 23/7/2023.

CUSHNIE, T. P. T.; LAMB, A. J. Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoids. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 38, n. 2, p. 99–107, 2011. Elsevier. Acesso em: 4/12/2023.

CZAIKOSKI, K.; MESOMO, M. C.; KRÜGER, R. L.; QUEIROGA, C. L.; CORAZZA, M. L. Extraction of *Campomanesia xanthocarpa* fruit using supercritical CO₂ and bioactivity assessments. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 98, p. 79–85, 2015. Elsevier. Acesso em: 31/5/2023.

DAGLIA, M. Polyphenols as antimicrobial agents. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, n. 2, p. 174–181, 2012. Elsevier Current Trends. Acesso em: 6/6/2023.

DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; OLIVEIRA, J. M.; et al. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabioba, jaboticaba and umbu. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 10, p. 1564–1572, 2010. Academic Press. Acesso em: 31/5/2023.

FERNANDES, I. DE A. A.; MACIEL, G. M.; MAROLDI, W. V.; et al. Bioactive compounds, health-promotion properties and technological applications of Jaboticaba: A literature overview. **Measurement: Food**, v. 8, p. 100057, 2022. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

FERREIRA, B. A.; DA SILVA, A. R. A.; FILBIDO, G. S.; et al. In vitro bioaccessibility of the bioactive compounds and minerals in the pulp and peel of *Buchenavia tomentosa* Eichler fruits and their antioxidant capacities. **Measurement: Food**, v. 8, p. 100064, 2022. Elsevier. Acesso em: 31/5/2023.

GARCÍA, O. P.; MARTÍNEZ, M.; ROMANO, D.; et al. Iron absorption in raw and cooked bananas: A field study using stable isotopes in women. **Food and Nutrition Research**, v. 59, 2015. Co-Action Publishing.

JAGADEESAN, G.; MUNIYANDI, K.; MANOHARAN, A. L.; NATARAJ, G.; THANGARAJ, P. Understanding the bioaccessibility, α -amylase and α -glucosidase enzyme inhibition kinetics of *Allmania nodiflora* (L.) R.Br. ex Wight polyphenols during in vitro simulated digestion. **Food Chemistry**, v. 372, p. 131294, 2022. Elsevier. Acesso em: 2/6/2023.

KHOCHAPONG, W.; KETNAWA, S.; OGAWA, Y.; PUNBUSAYAKUL, N. Effect of in vitro digestion on bioactive compounds, antioxidant and antimicrobial activities of coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extract. **Food Chemistry**, v. 348, p. 129094, 2021. Elsevier. Acesso em: 7/6/2023.

LEUFROY, A.; NOËL, L.; BEAUCHEMIN, D.; GUÉRIN, T. Use of a continuous leaching method to assess the oral bioaccessibility of trace elements in seafood. **Food Chemistry**, v. 135, n. 2, p. 623–633, 2012. Elsevier. Acesso em: 31/5/2023.

LIAO, X.; MIAO, Q.; YANG, J.; et al. Changes in phenolic compounds and antioxidant activities of “nine steaming nine sun-drying” black soybeans before and after in vitro simulated gastrointestinal digestion. **Food Research International**, v. 162, p. 111960, 2022. Elsevier. Acesso em: 7/6/2023.

MA, Y. L.; WANG, Y.; WU, Z. F.; et al. Exploring the effect of in vitro digestion on the phenolics and antioxidant activity of *Lycium barbarum* fruit extract. **Food Bioscience**, v. 51, p.

102255, 2023. Elsevier. Acesso em: 23/7/2023.

DE OLIVEIRA RAPHAELLI, C.; PEREIRA, E. DOS S.; CAMARGO, T. M.; et al. Biological activity and chemical composition of fruits, seeds and leaves of guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg – Myrtaceae): A review. **Food Bioscience**, v. 40, p. 100899, 2021. Elsevier. Acesso em: 20/10/2022.

PEDRO, A. C.; MAURER, J. B. B.; ZAWADZKI-BAGGIO, S. F.; et al. Bioactive compounds of organic goji berry (*Lycium barbarum* L.) prevents oxidative deterioration of soybean oil. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 90–97, 2018. Elsevier. Acesso em: 7/6/2023.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; et al. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.

PRASADI, N. V. P.; JOYE, I. J. Dietary fibre from whole grains and their benefits on metabolic health. **Nutrients**, 1. out. 2020. MDPI AG.

VAN QUAN, N.; DANG XUAN, T.; TRAN, H.-D.; et al. molecules Antioxidant, α -Amylase and α -Glucosidase Inhibitory Activities and Potential Constituents of *Canarium trandenum* Bark. **Molecules**, v. 24, p. 605, 2019. Disponível em: <www.mdpi.com/journal/molecules>. .

QUIRÓS-SAUCEDA, A. E.; PALAFOX-CARLOS, H.; SÁYAGO-AYERDI, S. G.; et al. Dietary fiber and phenolic compounds as functional ingredients: Interaction and possible effect after ingestion. **Food and Function**, 2014. Royal Society of Chemistry.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, 1999. Pergamon. Acesso em: 6/6/2023.

SALEHI, F.; AGHAJANZADEH, S. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 95, p. 162–172, 2020. Elsevier. Acesso em: 14/6/2023.

SALMAZZO, G. R.; VERDAN, M. H.; SILVA, F.; et al. Chemical composition and antiproliferative, antioxidant and trypanocidal activities of the fruits from *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg (Myrtaceae). **Natural Product Research**, v. 35, n. 5, p. 853–857, 2021. Taylor and Francis Ltd.

SÁNCHEZ-QUEZADA, V.; CAMPOS-VEGA, R.; LOARCA-PIÑA, G. Prediction of the Physicochemical and Nutraceutical Characteristics of ‘Hass’ Avocado Seeds by Correlating the Physicochemical Avocado Fruit Properties According to Their Ripening State. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, n. 3, p. 311–318, 2021. Springer.

SANT’ANNA, L. S.; MERLUGO, L.; EHLE, C. S.; et al. Chemical Composition and Hypotensive Effect of *Campomanesia xanthocarpa*. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2017, 2017. Hindawi Limited.

SANTOS, D.; LOPES DA SILVA, J. A.; PINTADO, M. Fruit and vegetable by-products’ flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological

functionalities. **LWT**, v. 154, p. 112707, 2022. Academic Press. Acesso em: 31/5/2023.

SANTOS, M. DA S.; MIGUEL, O. G.; PETKOWICZ, C. L. O.; CÂNDIDO, L. M. B. Antioxidant and fatty acid profile of gabirola seed (*Campomanesia Xanthocarpa* Berg). **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 234–238, 2012. FapUNIFESP (SciELO).

SANTOS, T. R. J.; DE AQUINO SANTANA, L. C. L. Antimicrobial potential of exotic fruits residues. **South African Journal of Botany**, v. 124, p. 338–344, 2019. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

SCHULZ, M.; BILUCA, F. C.; GONZAGA, L. V.; 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. Elsevier. Acesso em: 14/6/2023.

SILVA, A. D.; ÁVILA, S.; KÜSTER, R. T.; et al. In vitro Bioaccessibility of Proteins, Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Activity of *Amaranthus viridis*. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, n. 4, p. 478–486, 2021. Springer.

SILVA, L. M. DOS S. F. E.; PEREIRA, G. S. L.; RIBEIRO, I. G.; et al. Production, characterization and shelf-life evaluation of Caryocar brasiliense pulp flour. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 28, p. 100512, 2022. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

DA SILVA SANTOS, M.; CARNEIRO, P. I.; WOSIACKI, G.; et al. **Caracterização físico-química, extração e análise de pectinas de frutos de Campomanesia Xanthocarpa B. (Gabirola)**. 2009.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 144–158, 1965.

SOMOGYI NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for determination of glucose. **Journal of Biologic Chemistry**, v. 153, n. 2, p. 375–380, 1960.

WANG, X.; HAN, M.; ZHANG, M.; et al. In vitro evaluation of the hypoglycemic properties of lactic acid bacteria and its fermentation adaptability in apple juice. **LWT**, v. 136, p. 110363, 2021. Academic Press. Acesso em: 6/6/2023.

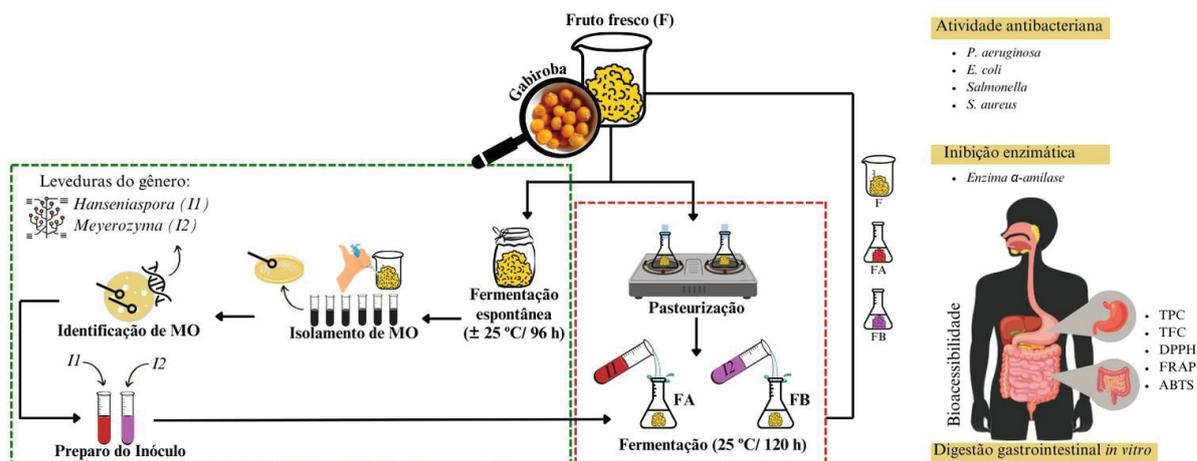
WESP, C. DE L.; SANTANA, M. A.; GASPARETTO, B. F.; BARROS, I. B. I. DE. Caracterização física de frutos de guabirolas (*Campomanesia* spp.) coletados no estado do Rio Grande do Sul. v. 8 n. 2 (2013): VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais**. v. 8, p.1–4, 2013.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–559, 1999. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

CAPÍTULO IV

FERMENTAÇÃO DE *Campomanesia xanthocarpa* COM LEVEDURAS ISOLADAS: ATIVIDADES BIOLÓGICAS E BIOACESSIBILIDADE *IN VITRO* DE COMPOSTOS ANTIOXIDANTES

RESUMO GRÁFICO



RESUMO

A gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg), uma fruta nativa da Mata Atlântica, tem enfrentado desafios devido à sua sazonalidade limitada e ao rápido processo de amadurecimento, resultando em sua subutilização, apesar de sua notável riqueza em sabor, aroma e nutrientes. Assim, o objetivo deste estudo foi isolar leveduras autóctones do fruto para iniciar a fermentação da gabioba, a fim de verificar a atividade antibacteriana, de inibição α -amilase e a bioacessibilidade de compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidantes pelos ensaios DPPH, FRAP e ABTS, antes e após a digestão gastrointestinal *in vitro*. Dois isolados de leveduras foram obtidos da gabioba, pertencentes aos gêneros *Hanseniaspora* e *Meyerozyma*, esses foram utilizados na produção de dois fermentados, FA e FB, respectivamente. Ambos os isolados foram capazes de fermentar a gabioba (120 h), exibindo atividade antibacteriana para *P. aeruginosa*, *E. coli*, *Salmonella* e *S. aureus*, embora a fruta *in natura* tenha demonstrado uma eficácia superior contra *Salmonella* (CIM de 31,2 mg/mL) e *Escherichia coli* (CIM de 62,5 mg/mL). O fermentado FA apresentou melhor inibição da α -amilase com IC₅₀ de 15,2 mg/mL e maior estabilidade dos compostos antioxidantes após a digestão gástrica, com bioacessibilidade superior a 100% para TFC e

atividade antioxidante pelos três ensaios testados. Da mesma forma, o FB apresentou uma bioacessibilidade superior a 100% para TPC e para atividade antioxidante pelo ensaio de DPPH. Ambos os fermentados apresentam potencial para o desenvolvimento de produtos alimentícios com propriedades biológicas com maior bioacessibilidade de compostos após a digestão *in vitro*.

Palavras-chave: Myrtaceae; fruto da biodiversidade; leveduras; fermentação; compostos antioxidantes.

1. INTRODUÇÃO

A gabioba (*C. xanthocarpa*) é um fruto nativo pouco explorado proveniente da Mata Atlântica do Brasil (Teixeira et al. 2019b) que apresenta polpa amarela, textura cremosa, aromática, sabor adocicado e levemente ácido (de Oliveira Raphaelli et al. 2021). A gabioba tem sido consumida *in natura* e em formulações de produtos artesanais, como geleias, sorvetes e bebidas (Barbieri et al, 2018).

Devido à sua riqueza em nutrientes e compostos antioxidantes, como o ácido ascórbico e polifenóis, os frutos da *C. xanthocarpa* são importantes na promoção da saúde humana, pois apresentam propriedades antioxidante, anti-inflamatória, antiproliferativa, anti-hiperlipidêmico e antidiabético (Etgeton et al. 2023; Silva e Kempka 2023). Entretanto, a gabioba é considerada um fruto climatérico, suscetível a um rápido processo de amadurecimento e amolecimento após a colheita, o que resulta em um período sazonal curto, limitando sua disponibilidade para comercialização e consumo (Barbieri et al., 2019b).

Diante desse desafio, a fermentação emerge como uma alternativa promissora para prolongar a vida útil da gabioba e aprimorar seu valor nutricional (da Silva Vale et al, 2023). A fermentação de polpas de frutas além estender a durabilidade dos produtos, melhora o perfil aromático e as características sensoriais (Chagas Barros et al. 2019). Além disso, durante o processo fermentativo, diversos microrganismos têm a capacidade de biotransformar compostos fenólicos, o que pode resultar em uma maior potencialidade bioativa, com aplicações nas indústrias alimentícias, químicas e farmacêuticas (Chagas Barros et al. 2019; Rai, Pandey, e Sahoo 2019).

Estudos com frutos de graviola (*Annona muricata* L.), umbu-cajá (*Spondias spp.*) e romã (*Punica granatum* L.) já foram relatados na literatura, utilizados para o isolamento de leveduras

por fermentação natural, observando melhora na bioacessibilidade dos compostos antioxidantes após a digestão *in vitro* e maior aceitabilidade de subprodutos elaborados a partir dessa fermentação (Limongelli, Minervini, e Calasso 2023; Macêdo et al. 2023).

Entretanto, nenhum estudo, até o momento, isolou leveduras específicas da *C. xanthocarpa*, para aplicação na fermentação, avaliando seu efeito na simulação da digestão *in vitro*. Portanto, este estudo tem como objetivo isolar leveduras autóctones para iniciar a fermentação da gabioba, investigar a atividade antibacteriana, de inibição α -amilase e comparar o efeito da digestão gastrointestinal nos compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante da gabioba *in natura* e fermentada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Gabioba e o processo de obtenção de culturas puras

Frutos de *Campomanesia xanthocarpa* foram adquiridos em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil (25°44'28,7"S; 49°08'32,5"W). Primeiramente, os frutos foram selecionados considerando 75% da cor da casca em cor laranja, textura firme e ausência de danos mecânicos. Posteriormente, foram higienizados com água destilada estéril (fig. 1a).

O isolamento dos microrganismos foi conduzido seguindo a metodologia de Chagas Barros et al., (2019), com algumas modificações. Uma porção das amostras, composta por 100 g do fruto triturado (casca, polpa e sementes), foi colocada em frasco Erlenmeyer de 125 mL e mantida a temperatura ambiente (± 25 °C) por 96 horas. Em seguida, foram realizadas diluições sucessivas em água peptonada até a diluição 10^{-6} . Na sequência, as amostras foram inoculadas em placas de Petri contendo meio Sabouraud dextrose ágar (SDA). As placas foram incubadas em estufa de cultura a 25 °C por 72 h.

As colônias distintas observadas nas placas de Petri (na diluição 10^{-3}), foram isoladas e cultivadas em meio SDA para obtenção de culturas puras. As leveduras isoladas, identificadas como I1 e I2 foram congeladas e armazenadas (-18 °C) em criotubos (Laborclin, Pinhais - PR) contendo 1 mL de caldo Triptona de Soja (TSB) e 15% de glicerol. Todos os procedimentos foram realizados sob condições assépticas (fig. 1b).

2.2 Identificação molecular

Para a identificação filogenética dos isolados foi realizada extração de DNA a partir de

cultivo em caldo Sabouraud overnight a 30 °C em agitação constante (180 rpm) pela metodologia descrita por Sambrook (2001). Após a extração, a concentração e qualidade do DNA foi avaliada por eletroforese em gel de agarose a 0,7 %, bem como em leitura em nanodrop.

Posteriormente, a região ITS (Internal Transcribed Spacer) do rDNA foi amplificada utilizando os primers V9G (De Hoog e Gerrits Van Den Ende, 1998) e ITS4 (White et al., 1990). A reação de PCR foi realizada para volume final de 12,5 µL (1X tampão de reação, 0,2 µM de primer V9G, 0,2 µM de primer ITS4, 1,5 mM de MgCl₂, 0,2 mM de dNTPs, 0,05 U/µl de Taq Polymerase). A reação foi realizada em termociclador Eppendorf® modelo AmplithermTx96 com desnaturação inicial a 94 °C por 5 minutos, 35 ciclos (desnaturação por 30 segundos a 94 °C, anelamento por 30 segundos a 48 °C e extensão por 1 min a 72 °C) e extensão final por 7 min a 72 °C.

A amplificação do fragmento desejado confirmou-se por eletroforese em gel de agarose 0,7% corado com GelGreen™. Os produtos de PCR foram purificados usando as enzimas Exo1 e FastAP (GE Healthcare, USA) e o kit BigDye® Terminator Kit v3,1 foi usado para a reação de sequenciamento. O produto desta reação foi purificado utilizando o polímero Sephadex G50 e a leitura do sequenciamento realizado em sequenciador automático ABI3500® (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA).

As sequências obtidas foram alinhadas e analisadas usando os softwares Mega 6,06 (Tamura et al., 2011) e BioEdit (Hall, 1999), e comparadas com as sequências já disponibilizadas no banco de dados GenBank. Para a obtenção das sequências e linhagens de referência foi utilizado o banco de dados Mycobank. Os alinhamentos das sequências de DNA foram realizados utilizando o software Maftt (Kato; Toh, 2008) e verificado manualmente no software MEGA 6,06, (Tamura et al, 2013). Os modelos evolutivos foram selecionados usando JModelTest (Darriba et al., 2012). Em seguida, para a realização da análise filogenética de Inferência Bayesiana foi utilizado o algoritmo Markov Chain Monte Carlo (MCMC), para então resultar na geração de árvores filogenéticas com valores de probabilidade posteriori usando o software MrBayes v3,2,6 x86 (Ronquist et al., 2012). As árvores resultantes foram plotadas no software FigTree v.1,4,2.

2.3 Obtenção do fermentado

Para obtenção do fermentado de acordo com Chagas Barros et al., (2019), com algumas

modificações, outra parte dos frutos foi pasteurizada em banho maria, sob agitação constante a 75 °C por 15 min, seguido da adição do inóculo. Como inóculo, foi utilizado um volume definido de suspensão celular das culturas puras, com uma concentração inicial de 10^7 células/mL, conforme a escala de McFarland. A fermentação ocorreu a 25 °C por cinco dias, e as amostras foram coletadas antes ($t=0$) e ao final da fermentação ($t=120$) para análises físico-químicas. O fermentado foi congelado para análises biológicas posteriores (fig. 1c).

2.3 Análises físico-químicas

Foram conduzidas as análises de pH, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis totais (SST) no momento inicial (tempo 0) e após 120 h da fermentação com as leveduras isoladas. O pH foi avaliado utilizando um medidor de pH e o SST foram determinados com um refratômetro de bancada (Abbe). A acidez titulável (AT) foi medida por titulação de solução de NaOH 0,1 N e expressa como porcentagem de ácido cítrico (AOAC, 2012, 2016).

2.4 Atividade antibacteriana e inibição α -amilase

Para a análise de atividade antibacteriana e de inibição da enzima α -amilase, a gabioba *in natura* e os fermentados, FA e FB, foram diluídos na proporção de 1:0,5 (g/mL). As amostras foram homogeneizadas em agitador vórtex por 30 segundos, seguida de incubação em banho ultrassônico (Unique, modelo USC-2850A, Campinas, São Paulo, Brasil) por 10 min à 25 ± 2 °C e centrifugação a 2500 rpm por 15 min a 25 °C. Os sobrenadantes foram coletados, e a fase sólida foi submetida a uma segunda diluição similar. Por fim, os sobrenadantes foram submetidos a análise de atividade antibacteriana, conforme metodologia descrita por Ávila et al, (2019). Foram incluídas cepas padrão de quatro espécies bacterianas: três cepas gram-negativas (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 8739 e *Salmonella enterica subsp. enterica* ATCC 14028) e uma cepa gram-positiva (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923).

A análise de inibição da α -amilase foi realizada pelo método iodo-amido (Quan et al., 2019). Em uma microplaca de 96 poços, 20 μ L do fruto *in natura* e do FA e FB foram pré-incubados com 20 μ L de solução de α -amilas (1 U/mL) a 37 °C por 10 min. Em seguida, foram adicionados 30 μ L da solução de amido (0,5%). Após 6 min de incubação a 37 °C, foram adicionados 20 μ L de ácido clorídrico (1 M) e 120 μ L de solução aquosa de iodo 0,25 mM, A absorbância foi

medida a 570 nm.

A porcentagem de atividade inibitória enzimática foi calculada usando a seguinte equação:

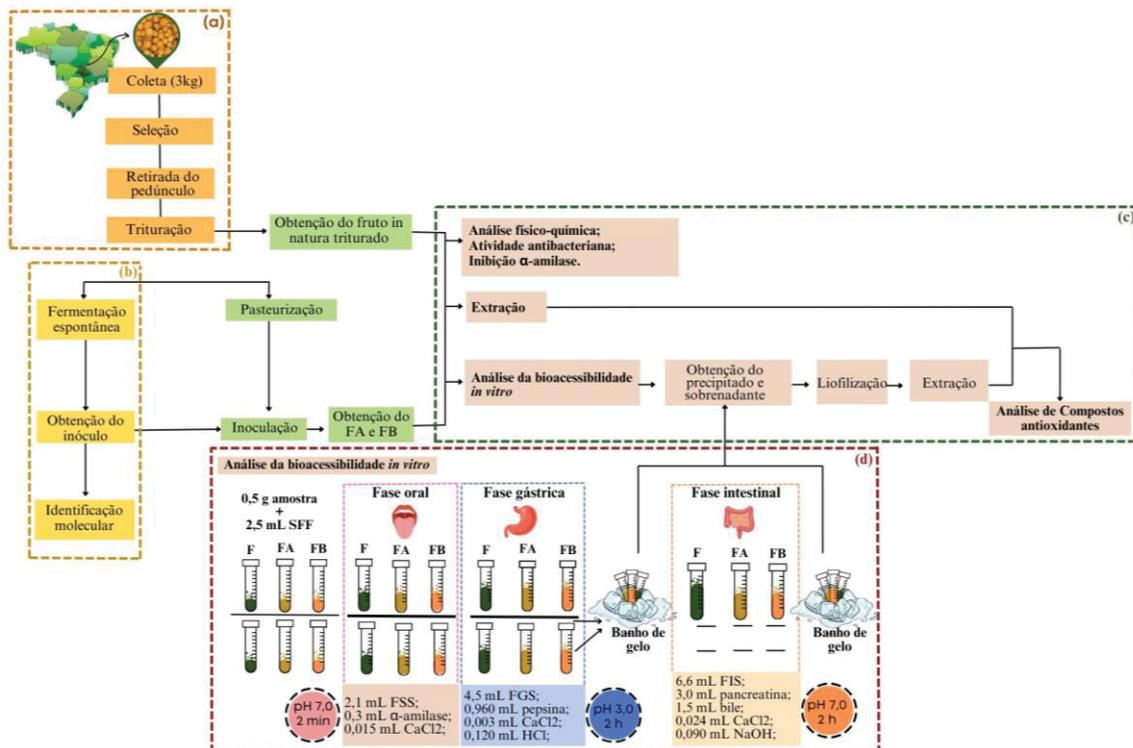
$$\% \text{ Inibição } \alpha - \text{amilase} = \left(\frac{ABS_{\text{controle}} - (ABS_{\text{amostra}} - ABS_{\text{branco}})}{ABS_{\text{controle}}} \right) \times 100$$

Onde: ABS_{Controle} : Tampão Fosfato + Enzima; ABS_{amostra} : Extrato + Enzima; ABS_{branco} : Extrato + Tampão Fosfato, Acarbose foi utilizada como controle positivo e água como controle negativo.

2.6 Bioacessibilidade *in vitro*

O fruto e os fermentados foram descongelados e submetidos à simulação da digestão *in vitro* conforme protocolo Infogest (Brodkorb et al., 2019) (fig. 1d). O fruto *in natura* e os fermentados (FA e FB) antes e após a digestão (sobrenadante e precipitado) das fases gástrica e intestinal foram congelados, liofilizados e armazenados para análises posteriores de compostos antioxidantes.

FIGURA 1- FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS DA GABIROBA E PRODUÇÃO DOS FERMENTADOS.



a) Coleta e preparo dos frutos, (b) fermentação natural da gabirola, (c) fermentação da gabirola com leveduras isoladas e (d) etapas da simulação da digestão *in vitro* do fruto *in natura*, FA e FB e demais análises, realizadas em sextuplicata. FSS: Fluido Salivar Simulado, FGS: Fluido Gástrico Simulado e FIS: Fluido Intestinal Simulado.

2.7 Compostos antioxidantes

Os compostos antioxidantes da gabirola *in natura*, dos fermentados FA e FB foram avaliados antes e após a digestão *in vitro*. Os compostos fenólicos totais (TPC) foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965), a absorbância foi medida a 690 nm e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g de amostra. Os flavonoides totais (TFC) foram quantificados de acordo com o método estabelecido por Zhishen et al., (1999). A leitura foi realizada a 540 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de catequina (CE)/100 g de amostra.

O ensaio de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) foi realizado de acordo com o método proposto por Brand-Williams et al., (1995). O poder antioxidante redutor do íon férrico (FRAP) foi determinado de acordo com o método descrito por Benzie & Strain. (1996). A atividade de eliminação do radical 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) foi avaliada conforme Re et al., (1999). O Trolox foi usado como padrão de referência para os três ensaios de atividade antioxidante e os resultados foram expressos em mg equivalentes de Trolox/100 g de amostra.

2.8 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o software estatístico SAS (versão 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). Os resultados foram comparados por análise de variância (ANOVA) e realizado o teste de Tukey para identificar diferenças significativas. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$. O software GraphPad Prism (versão 10.0.0), Boston, Massachusetts, EUA, foi utilizado para verificar a concentração inibitória média (IC₅₀).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Isolamento e análises físico-químicas

Dois isolados foram obtidos a partir da fermentação natural da gabirola, I1 e I2, do qual, o DNA de ambos foram extraídos apresentando banda única íntegra e com marcadores de qualidade adequados. Após a extração foi identificado a região ITS 1-5,8S-ITS2, apresentando tamanho igual ao esperado para esta sequência, de aproximadamente 700 pb, conforme mostra a fig. 2. Foram identificadas duas leveduras não convencionais como pertencentes aos gêneros *Hanseniaspora* e *Meyerozyma*, conforme apresentado na fig. 3.

FIGURA 2- GEL DE AGAROSE 0,7% INDICANDO AS BANDAS CORRESPONDENTES AOS PRODUTOS DE PCR DA REGIÃO ITS DE CADA UM DOS ISOLADOS

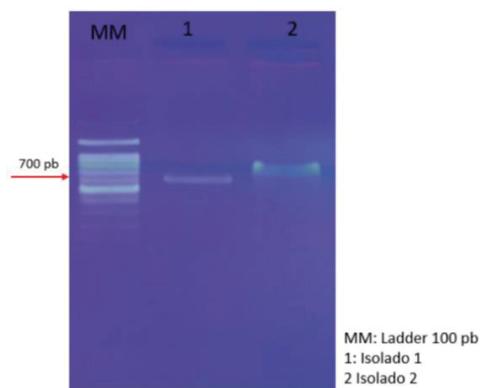
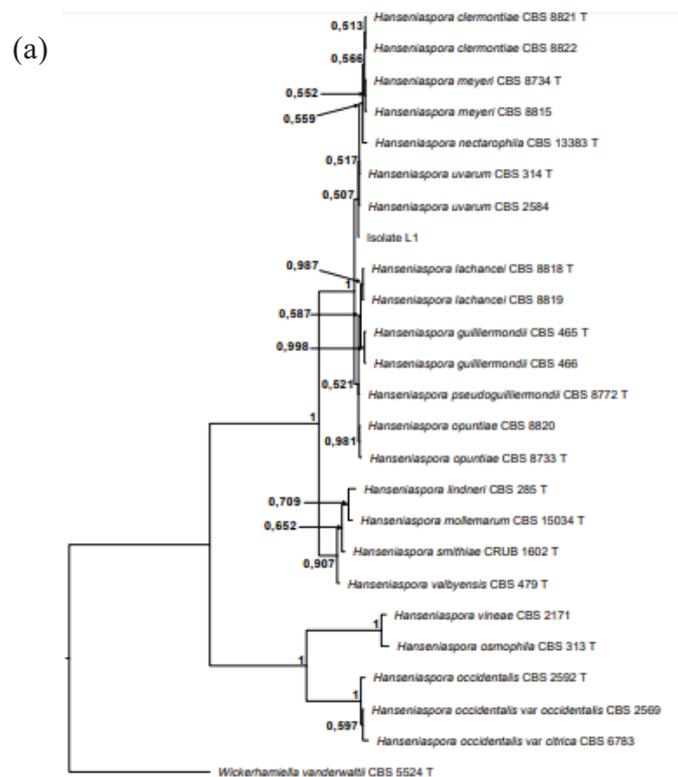
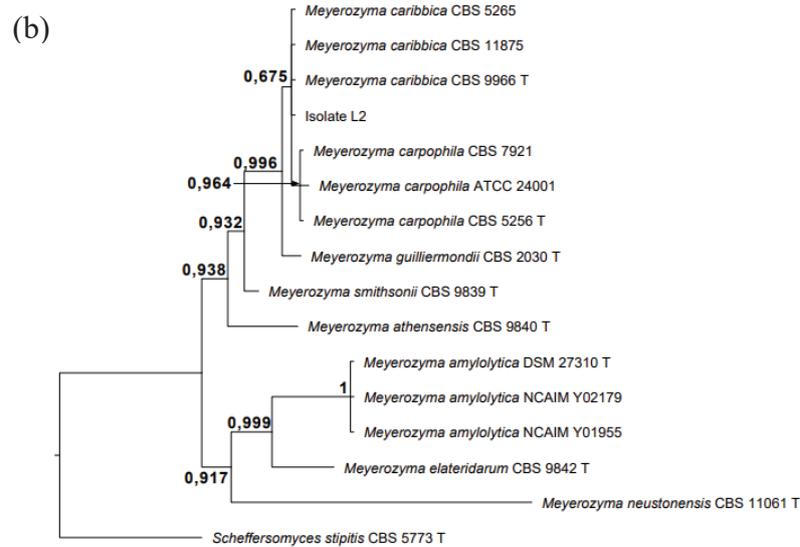


FIGURA 3- ANÁLISES FILOGENÉTICAS DOS ISOLADOS





(a) I1, *Hanseniaspora* e (b) I2, *Meyerozyma*.

As leveduras do gênero *Hanseniaspora* são reconhecidas por desempenharem um papel fundamental como microrganismos impulsionadores em diversas fermentações, principalmente na produção de vinagre balsâmico e cidra (Bellut et al. 2018). Resultados de uma pesquisa recente realizada por Limongelli et al., (2023) também evidenciaram a presença de leveduras do gênero *Hanseniaspora* durante a fermentação natural de sementes de romã, melhorando sensorialmente um subproduto de granola enriquecido com farinha de sementes de romã fermentada. Além de contribuírem para melhorar o sabor em processos fermentativos de alimentos, essas leveduras são amplamente utilizadas na indústria vinícola para conferir aromas frutados a vinhos (Mendoza Salazar et al. 2022).

Por outro lado, as leveduras do gênero *Meyerozyma* têm sido aplicadas de maneira significativa no campo do controle biológico, demonstrando eficácia na inibição do crescimento e reprodução de patógenos, resultando na extensão da vida útil de frutos após a colheita (L. Zhao et al. 2023). Considerando que os frutos de gabirola são altamente perecíveis, mantendo um metabolismo ativo mesmo após a colheita, o crescimento de leveduras desse gênero emerge como uma estratégia de defesa natural do fruto, através da qual microrganismos são gerados para prolongar sua durabilidade.

Antes de iniciar o processo de fermentação com as leveduras isoladas, os valores de pH, acidez e SST foram de $3,61 \pm 0,04$, $2,81 \pm 0,32\%$ e $13,40 \pm 0,49\%$, respectivamente. O alto teor de sólidos solúveis e acidez dos frutos foram favoráveis para otimizar a eficiência da fermentação, oferecendo uma fonte concentrada de nutrientes para os microrganismos

fermentadores (Manoj et al. 2023).

Após 120 h de fermentação dos frutos com as cepas das leveduras dos gêneros *Hanseniaspora* e *Meyerozyma*, os dois produtos fermentados distintos, denominados FA e FB, apresentaram pH de $3,42 \pm 0,08$ e $3,37 \pm 0,04$, respectivamente, mantendo-se dentro da faixa ideal (3,00 - 4,00) para bebidas fermentadas, conforme definido por Feitosa et al., (2023). Essa faixa de pH proporciona um ambiente favorável para o controle microbiológico, evitando contaminações e prevenindo alterações físico-química indesejáveis.

A acidez titulável aumentou significativamente, atingindo 0,63% para o fermentado FA e 0,37% para o FB. O aumento da acidez pode estar relacionado à versatilidade metabólica das leveduras fermentativas a partir da matéria-prima, por meio de sua atividade enzimática, gerando novos ácidos orgânicos, como ácido cítrico, pirúvico e acético (Mendoza Salazar et al. 2022).

Uma redução para $12,16\% \pm 0,05$ e $0,6 \pm 0,01\%$ de SST foi observada no FA e FB, respectivamente. Ambos os valores diminuíram após a fermentação. Uma redução significativa de 95,5% no SST ocorreu no FB. Essa diminuição expressiva sugere que a levedura do gênero *Meyerozyma* tenha metabolizado mais açúcares durante o processo de fermentação quando comparado com a *Hanseniaspora* do FA (Feitosa et al. 2023).

3.2 Atividade antibacteriana e inibição α -amilase

A fermentação é um processo de extrema complexidade, no qual diversas leveduras podem originar uma ampla gama de compostos, como polifenóis, ácidos orgânicos, ésteres e aldeídos. Essa diversidade de compostos pode estar associada a diferentes atividades biológicas produzidas entre a matéria-prima e os microrganismos utilizados para a fermentação (Dube et al., 2017).

Os compostos presentes nos fermentados provenientes da gabirola demonstraram atividade eficaz contra bactérias gram-positivas e gram-negativas testadas e na inibição da enzima α -amilase. A gabirola *in natura* demonstrou uma atividade mais eficaz na inibição das bactérias *Salmonella* (CIM de 31,2 mg/mL) e *E. coli* (CIM de 62,5 mg/mL) em comparação com os fermentados. As condições de fermentação, como temperatura e pH, podem ter exercido influência sobre a composição dos compostos formados durante o processo, afetando assim, as características finais do produto e as concentrações necessárias para inibir os diferentes tipos de bactérias testadas (Li et al., 2023).

TABELA 1- ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DOS FRUTOS DE GABIROBA *IN NATURA*, FERMENTADOS FA E FB.

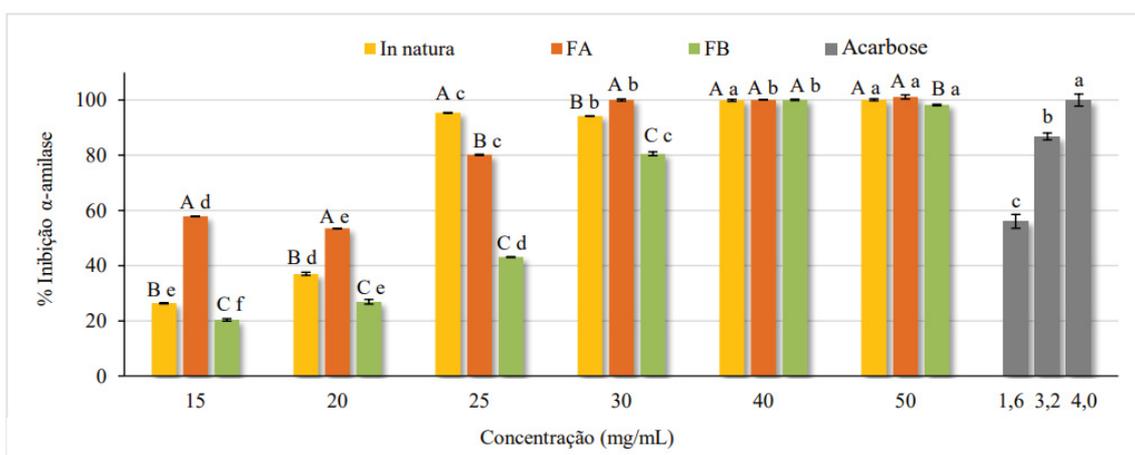
Microrganismos	<i>In natura</i>	FA	FB	Controle positivo
	CIM	CIM	CIM	CIM
<i>P. aeruginosa</i>	1000,0	500,0	1000,0	0,0019
<i>E. coli</i>	62,5	1000,0	1000,0	0,0019
<i>Salmonella</i>	31,2	1000,0	1000,0	0,0019
<i>S. aureus</i>	125,0	500,0	500,0	0,0019

Valores obtidos em triplicata. CIM: Concentração Inibitória Mínima (mg/mL). Controle positivo (antibiótico gentamicina).

Da mesma forma, a fermentação favoreceu o FA, na inibição α -amilase, que apresentou IC₅₀ de 15,2 mg/mL, seguido da *in natura* com IC₅₀ de 19,91 mg/mL e o FB com IC₅₀ de 24,33 mg/mL. Além disso, o FA conseguiu inibir completamente a enzima α -amilase na concentração de 30 mg/mL, enquanto concentrações mais elevadas de 40 mg/mL foram necessárias para a gabiroba *in natura* e o FB atingirem o mesmo resultado.

A atividade de inibição da α -amilase foi cerca de três vezes maior ($p < 0,05$) no FA, nas concentrações de 15 e 20 mg/mL, com um percentual de inibição superior a 50%, em comparação com a gabiroba *in natura* e o FB. No entanto, concentrações maiores que 40 mg/mL de todas as amostras revelaram potencial antiglicêmico, com 100% de inibição da enzima α -amilase.

FIGURA 4 - INIBIÇÃO α -AMILASE DO FRUTO *IN NATURA*, FERMENTADOS (FA E FB) E ACARBOSE



Os dados são valores médios \pm desvio padrão. Os valores médios indicados com letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativas ($p \leq 0,05$) entre amostras, na mesma concentração. Os valores médios indicados com letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as concentrações da mesma amostra. De acordo com o teste estatístico de Duncan.

3.3 Digestão gastrointestinal *in vitro*

Os teores de fenólicos totais, flavonóides totais e atividade antioxidante da gabioba *in natura*, fermentados FA e FB, antes e após o processo de simulação da digestão gastrointestinal *in vitro*, são mostrados na Tabela 2. Antes do processo de digestão, o FA demonstrou valores 1,14 e 2,68 vezes maiores para TPC e 1,65 e 7,11 vezes maiores para TFC, quando comparado com a *in natura* e FB, respectivamente. Enquanto os antioxidantes pelos ensaios de FRAP e ABTS foram superiores e semelhantes para a *in natura* e FB, quando comparado com o FA.

Os resultados sugerem um comportamento de aumento na concentração dos compostos fenólicos e antioxidantes na polpa da gabioba após fermentação com leveduras, sendo que o efeito pode variar, conforme tipo de polpa e cepa de levedura (Macêdo et al., 2023). Do qual, a levedura do gênero *Hanseniaspora* pode ter contribuído para uma maior produção ou liberação de compostos fenólicos, enquanto a levedura *Meyerozyma* nas atividades antioxidantes.

Isso pode ter ocorrido pelas propriedades que as leveduras apresentam, como a capacidade de produzir enzimas, como a β -glicosidase, como resultado da presença de β -glucanas e α -D-mananas. Além disso, a presença desses polissacarídeos na parede celular de leveduras pode colaborar na transformação de compostos fenólicos ligados (glicosídeos) em formas livres (agliconas), podendo assim, influenciar positivamente a atividade antioxidante (Rai et al., 2019). Da mesma forma que leveduras podem levar a uma redução desses compostos, através de diferentes vias metabólicas que geram degradação de compostos fenólicos, estando relacionadas com o consumo dessas leveduras durante o processo fermentativo (Chen et al., 2016; Macêdo et al., 2023).

TABELA 2 -BIOACESSIBILIDADE DOS COMPOSTOS FENÓLICOS E FLAVONOIDES TOTAIS E ANTIOXIDANTES DA GABIROBA *IN NATURA*, FERMENTADOS COM LEVEDURA DO GÊNERO *Hanseniaspora* (FA) E *Meyerozyma* (FB), ANTES E APÓS A

DIGESTÃO *IN VITRO*.

	TPC	TFC	DPPH	FRAP	ABTS
Fruto <i>in natura</i>					
Não digerido	2,94 ± 0,44 ^a	0,73 ± 0,13 ^a	26,05 ± 0,18 ^b	39,58 ± 2,41 ^a	71,45 ± 5,50 ^a
Gástrico. S.	2,98 ± 0,43 ^a	nd	43,02 ± 5,38 ^a	30,26 ± 0,41 ^b	45,09 ± 5,98 ^b
Intestinal. S.	0,01 ± 0,10 ^d	nd	0,17 ± 0,03 ^d	nd	nd
Gástrico. P.	2,37 ± 0,53 ^b	0,29 ± 0,04 ^b	13,86 ± 1,95 ^c	29,83 ± 0,68 ^b	29,21 ± 4,59 ^c
Intestinal. P	0,42 ± 0,04 ^c	0,19 ± 0,01 ^c	2,31 ± 0,08 ^d	2,74 ± 0,06 ^c	nd
FA					
Não digerido	1,26 ± 0,19 ^c	0,17 ± 0,03 ^c	21,08 ± 1,95 ^b	28,47 ± 0,81 ^c	20,21 ± 1,69 ^b
Gástrico. S.	1,68 ± 0,10 ^b	0,28 ± 0,05 ^b	26,00 ± 2,70 ^a	30,93 ± 0,45 ^b	28,52 ± 5,36 ^a
Intestinal. S.	nd	nd	nd	nd	nd
Gástrico. P.	2,96 ± 0,34 ^a	0,64 ± 0,09 ^a	nd	34,05 ± 3,85 ^a	nd
Intestinal. P	0,17 ± 0,02 ^d	0,07 ± 0,01 ^d	1,74 ± 0,46 ^c	1,98 ± 0,35 ^d	nd
FB					
Não digerido	3,38 ± 0,30 ^a	1,21 ± 0,10 ^a	21,58 ± 1,82 ^b	38,98 ± 1,73 ^a	75,03 ± 5,56 ^a
Gástrico. S.	2,08 ± 0,30 ^b	0,09 ± 0,01 ^d	26,75 ± 1,14 ^a	30,06 ± 0,41 ^b	30,01 ± 3,35 ^b
Intestinal. S.	nd	nd	0,38 ± 0,11 ^c	nd	nd
Gástrico. P.	0,27 ± 0,02 ^c	0,42 ± 0,05 ^b	9,35 ± 2,55 ^c	30,28 ± 3,09 ^b	nd
Intestinal. P	0,27 ± 0,03 ^c	0,26 ± 0,06 ^c	1,70 ± 0,42 ^d	2,16 ± 0,35 ^c	nd

Os dados são valores médios ± desvio padrão (n = 12). TPC (mgGAE/g), TFC (mgCE/g), DPPH, FRAP e ABTS (mmolTE/g). S: sobrenadante. P: precipitado. nd: não detectado. Diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas (p < 0,05) entre as diferentes fases em cada amostra pelo teste de Duncan.

A amostra fresca manteve seu teor de compostos fenólicos (TPC) após a fase gástrica, sem detecção de flavonoides (TFC), e a atividade antioxidante, medida pelo DPPH, ultrapassou 100%. O Fermentado A demonstrou boa estabilidade de seus componentes antioxidantes mesmo em condições gástricas, incluindo variações de pH e presença de enzimas (Ferreira et al., 2022). Após a fase gástrica, o FA apresentou bioacessibilidade de 61,4% de TPC, ultrapassando 100% tanto para TFC quanto para atividade antioxidante (DPPH, FRAP e ABTS). Da mesma forma, o FB exibiu bioacessibilidade superior a 100% para TPC e atividade antioxidante por DPPH. Porém, para os TFC, a biodisponibilidade do FB foi de 7,2% após a fase gástrica.

Além disso, certas substâncias, como os compostos antioxidantes, devido à sua

sensibilidade ao pH alcalino, podem sofrer transformações de forma estrutural e, conseqüentemente, as propriedades químicas são alteradas (Chen et al., 2016). Esse fenômeno foi observado no caso da fase intestinal, que diminuiu significativamente a bioacessibilidade dos compostos antioxidantes ($p < 0,05$) para todas as amostras. Além disso, quantidades substanciais de compostos fenólicos e antioxidantes foram detectadas nos precipitados nas fases gástrica e intestinal, indicando que uma fração desses polifenóis pode ter aderido à fibra alimentar (Zhang et al., 2023).

Assim, a fermentação com leveduras pode contribuir como ação prebiótica para bactérias da microbiota, além de melhorar o perfil fenólico e antioxidante, intensificando a fermentação seletiva e culminando em uma maior concentração de metabólitos antioxidantes que exercem efeito protetor contra os microrganismos (Macêdo et al., 2023; Prestes et al., 2021).

4. CONCLUSÃO

Duas leveduras foram isoladas dos frutos de gabioba, pertencentes aos gêneros *Hanseniaspora* e *Meyerozyma*. A produção dos fermentados com os isolados resultou em produtos com atividade antibacteriana e potencial para inibição da enzima α -amilase. Além disso, evidenciou-se que a fermentação com essas leveduras provocou alterações na composição fenólica, aumentando o conteúdo antioxidante durante a digestão gástrica na simulação gastrointestinal *in vitro*.

De modo geral, os resultados do presente trabalho sugerem que a gabioba pode ser uma matéria-prima promissora para o isolamento de leveduras utilizadas pela indústria de alimentos, e que a fermentação da *C. xanthocarpa* com as cepas selecionadas pode produzir alimentos funcionais com potenciais benefícios à saúde. No entanto, são necessárias mais pesquisas para investigar os mecanismos específicos pelos quais esses benefícios são induzidos no consumidor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um interesse crescente em adotar abordagens inovadoras para a valorização de frutos da biodiversidade. A implementação de processos inovadores, especialmente aqueles que oferecem vantagens únicas ao reduzir as perdas pós-colheita, perdas nutricionais e utilizar o fruto de maneira integral, está alinhando com as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Dessa forma, a gabioba demonstrou ser uma matéria prima valiosa para elaboração de subprodutos.

O fruto liofilizado, denominado como pó, apresentou uma composição centesimal rica em carboidratos e fibras, com teor baixo de umidade garantindo a qualidade no armazenamento do produto. Dentre os compostos fenólicos e flavonoides encontrados no fruto, catequina e ácido ferúlico foram o de maior destaque. O E80% foi o extrato que demonstrou maior atividade para as análises antioxidantes, antibacteriana e de inibição das enzimas digestivas (α -amilase e α -glucosidase) em comparação com os demais extratos (AA e E12%). A partir da bioacessibilidade *in vitro*, pode-se observar que tanto o pó como o E80% da gabioba apresentaram disponibilidade de compostos antioxidantes superior a 30% na fase gástrica.

Outro produto produzido a partir dos frutos da *C. xanthocarpa*, foram os fermentados. Uma nova geração de produtos fermentados à base de frutas está sendo desenvolvida para incorporar propriedades biológicas específicas, além de características sensoriais distintas. Assim, a gabioba mostrou-se ser apta para o desenvolvimento da fermentação. Apresentando potencial para inibição da enzima α -amilase e na biotransformação de compostos antioxidantes após o processo de digestão *in vitro*. Sendo promissor para o desenvolvimento de produtos e bebidas fermentadas, com qualidade nutricional.

No entanto, mais estudos devem ser realizados para investigar e destacar os compostos fenólicos individuais, liberados após o processo de digestão *in vitro* da gabioba. Esforços também devem ser feitos para desenvolver possíveis estratégias de conservação do fruto, com o objetivo de ajudar os produtores a preservar características sensoriais e nutricionais, reduzindo as perdas pós-colheita, chegando ao consumidor de maneira íntegra. Além disso, encoraja-se que outros microrganismos sejam utilizados para realizar a fermentação do fruto, a fim de quantificar compostos liberados ou produzidos a partir da fermentação. Estudos *in vitro*, *in vivo* e clínicos são necessários para avaliar melhor as atividades biológicas e farmacológicas potenciais da *Campomanesia xanthocarpa*. Em conclusão, os estudos apresentados nessa dissertação avançam o conhecimento científico sobre o potencial biológico dos frutos da

gabirobeira. Esse fruto apresenta uma importante inovação potencial para as indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas. Estimulando novas linhas de pesquisas para consolidar seu consumo e aplicação.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; TEIXEIRA, G. L.; et al. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. **Food Research International**, v. 123, p. 1–10, 2019. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

BARBIERI, S. F.; DA COSTA AMARAL, S.; RUTHES, A. C.; et al. Pectins from the pulp of gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Structural characterization and rheological behavior. **Carbohydrate Polymers**, v. 214, p. 250–258, 2019. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

BARBIERI, S. F.; DE OLIVEIRA PETKOWICZ, C. L.; DE GODOY, R. C. B.; et al. Pulp and Jam of Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. **Food Chemistry**, v. 263, p. 292–299, 2018. Elsevier. Acesso em: 31/5/2023.

BELLUT, K.; MICHEL, M.; ZARNKOW, M.; et al. Application of non-Saccharomyces yeasts isolated from kombucha in the production of alcohol-free beer. **Fermentation**, v. 4, n. 3, 2018. MDPI AG.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996. Academic Press. Acesso em: 12/6/2023.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. Academic Press. Acesso em: 12/6/2023.

BRODKORB, A.; EGGER, L.; ALMINGER, M.; et al. INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. **Nature Protocols**, v. 14, n. 4, p. 991–1014, 2019. Nature Publishing Group.

CHAGAS BARROS, R. G.; SANTOS DE OLIVEIRA, C.; SANTOS OLIVEIRA, L. T.; et al. Enhancement of phenolic antioxidants production in submerged cultures of endophytic

microorganisms isolated from achachairu (*Garcinia humilis*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*) and bacaba (*Oenocarpus bacaba*) fruits. **LWT**, v. 111, p. 370–377, 2019. Academic Press. Acesso em: 8/8/2023.

CHEN, G. L.; CHEN, S. G.; CHEN, F.; 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. Elsevier. Acesso em: 22/11/2023.

ETGETON, S. A. P.; ÁVILA, S.; SILVA, A. C. R.; et al. Nutritional Composition, Simulated Digestion and Biological Activities of *Campomanesia xanthocarpa* Fruit. **Plant Foods for Human Nutrition**, 2023. Springer.

FEITOSA, B. F.; FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, E. N. A. DE; et al. Myrtle (*Eugenia gracillima* Kiaersk.) as a fermented alcoholic beverage alternative to wine: Preliminary study. **Food Bioscience**, v. 54, p. 102830, 2023. Elsevier. Acesso em: 3/10/2023.

LIMONGELLI, R.; MINERVINI, F.; CALASSO, M. Fermentation of pomegranate matrices with *Hanseniaspora valbyensis* to produce a novel food ingredient. **LWT**, v. 180, p. 114687, 2023. Academic Press. Acesso em: 3/10/2023.

MACÊDO, E. L. C.; COLOMBO PIMENTEL, T.; DE SOUSA MELO, D.; et al. Yeasts from fermented Brazilian fruits as biotechnological tools for increasing phenolics bioaccessibility and improving the volatile profile in derived pulps. **Food Chemistry**, v. 401, p. 134200, 2023. Elsevier. Acesso em: 19/6/2023.

MANOJ, P. M.; MOHAN, J. R.; KHASHERAO, B. Y.; SHAMS, R.; DASH, K. K. Fruit based probiotic functional beverages: A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 14, p. 100729, 2023. Elsevier. Acesso em: 20/8/2023.

MENDOZA SALAZAR, M. M.; MARTÍNEZ ÁLVAREZ, O. L.; ARDILA CASTAÑEDA, M. P.; LIZARAZO MEDINA, P. X. Bioprospecting of indigenous yeasts involved in cocoa fermentation using sensory and chemical strategies for selecting a starter inoculum. **Food Microbiology**, v. 101, p. 103896, 2022. Academic Press. Acesso em: 7/11/2023.

DE OLIVEIRA RAPHAELLI, C.; PEREIRA, E. DOS S.; CAMARGO, T. M.; et al. Biological activity and chemical composition of fruits, seeds and leaves of guabirobeira (*Campomanesia*

xanthocarpa O. Berg – Myrtaceae): A review. **Food Bioscience**, v. 40, p. 100899, 2021. Elsevier. Acesso em: 20/10/2022.

PRESTES, A. A.; VERRUCK, S.; VARGAS, M. O.; et al. Influence of guabiroba pulp (campomanesia xanthocarpa o. berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 141, p. 110135, 2021. Elsevier. Acesso em: 15/8/2023.

QUAN, V. N.; TRAN, H.-D.; DANG XUAN, T.; et al. molecules Momilactones A and B Are α -Amylase and α -Glucosidase Inhibitors. Disponível em: <www.mdpi.com/journal/molecules>.

RAI, A. K.; PANDEY, A.; SAHOO, D. Biotechnological potential of yeasts in functional food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 83, p. 129–137, 2019. Elsevier. Acesso em: 9/8/2023.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, 1999. Pergamon. Acesso em: 6/6/2023.

SILVA, V. R. F. DA; KEMPKA, A. P. Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg: Therapeutic potential through a comprehensive review of biological activities and phenolic compound interactions. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 54, p. 102927, 2023. Elsevier. Acesso em: 22/11/2023.

DA SILVA VALE, A.; VENTURIM, B. C.; DA SILVA ROCHA, A. R. F.; et al. Exploring Microbial Diversity of Non-Dairy Fermented Beverages with a Focus on Functional Probiotic Microorganisms. **Fermentation**, v. 9, n. 6, p. 496, 2023. MDPI AG.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 144–158, 1965. ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; TEIXEIRA, G. L.; et al. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. **Food Research International**, v. 123, p. 1–10, 2019. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

BARBIERI, S. F.; DA COSTA AMARAL, S.; RUTHES, A. C.; et al. Pectins from the pulp of gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Structural characterization and rheological behavior. **Carbohydrate Polymers**, v. 214, p. 250–258, 2019. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

BARBIERI, S. F.; DE OLIVEIRA PETKOWICZ, C. L.; DE GODOY, R. C. B.; et al. Pulp and Jam of Gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. **Food Chemistry**, v. 263, p. 292–299, 2018. Elsevier. Acesso em: 31/5/2023.

BELLUT, K.; MICHEL, M.; ZARNKOW, M.; et al. Application of non-Saccharomyces yeasts isolated from kombucha in the production of alcohol-free beer. **Fermentation**, v. 4, n. 3, 2018. MDPI AG.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996. Academic Press. Acesso em: 12/6/2023.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. Academic Press. Acesso em: 12/6/2023.

BRODKORB, A.; EGGER, L.; ALMINGER, M.; et al. INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. **Nature Protocols**, v. 14, n. 4, p. 991–1014, 2019. Nature Publishing Group.

CHAGAS BARROS, R. G.; SANTOS DE OLIVEIRA, C.; SANTOS OLIVEIRA, L. T.; et al. Enhancement of phenolic antioxidants production in submerged cultures of endophytic microorganisms isolated from achachairu (*Garcinia humilis*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*) and bacaba (*Oenocarpus bacaba*) fruits. **LWT**, v. 111, p. 370–377, 2019. Academic Press. Acesso em: 8/8/2023.

CHEN, G. L.; CHEN, S. G.; CHEN, F.; 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. Elsevier. Acesso em: 22/11/2023.

ETGETON, S. A. P.; ÁVILA, S.; SILVA, A. C. R.; et al. Nutritional Composition, Simulated Digestion and Biological Activities of *Campomanesia xanthocarpa* Fruit. **Plant Foods for**

Human Nutrition, 2023. Springer.

FEITOSA, B. F.; FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, E. N. A. DE; et al. Myrtle (*Eugenia gracillima* Kiaersk.) as a fermented alcoholic beverage alternative to wine: Preliminary study. **Food Bioscience**, v. 54, p. 102830, 2023. Elsevier. Acesso em: 3/10/2023.

LIMONGELLI, R.; MINERVINI, F.; CALASSO, M. Fermentation of pomegranate matrices with *Hanseniaspora valbyensis* to produce a novel food ingredient. **LWT**, v. 180, p. 114687, 2023. Academic Press. Acesso em: 3/10/2023.

MACÊDO, E. L. C.; COLOMBO PIMENTEL, T.; DE SOUSA MELO, D.; et al. Yeasts from fermented Brazilian fruits as biotechnological tools for increasing phenolics bioaccessibility and improving the volatile profile in derived pulps. **Food Chemistry**, v. 401, p. 134200, 2023. Elsevier. Acesso em: 19/6/2023.

MANOJ, P. M.; MOHAN, J. R.; KHASHERAO, B. Y.; SHAMS, R.; DASH, K. K. Fruit based probiotic functional beverages: A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 14, p. 100729, 2023. Elsevier. Acesso em: 20/8/2023.

MENDOZA SALAZAR, M. M.; MARTÍNEZ ÁLVAREZ, O. L.; ARDILA CASTAÑEDA, M. P.; LIZARAZO MEDINA, P. X. Bioprospecting of indigenous yeasts involved in cocoa fermentation using sensory and chemical strategies for selecting a starter inoculum. **Food Microbiology**, v. 101, p. 103896, 2022. Academic Press. Acesso em: 7/11/2023.

DE OLIVEIRA RAPHAELLI, C.; PEREIRA, E. DOS S.; CAMARGO, T. M.; et al. Biological activity and chemical composition of fruits, seeds and leaves of guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg – Myrtaceae): A review. **Food Bioscience**, v. 40, p. 100899, 2021. Elsevier. Acesso em: 20/10/2022.

PRESTES, A. A.; VERRUCK, S.; VARGAS, M. O.; et al. Influence of guabiroba pulp (*campomanesia xanthocarpa* o. berg) added to fermented milk on probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 141, p. 110135, 2021. Elsevier. Acesso em: 15/8/2023.

QUAN, V. N.; TRAN, H.-D.; DANG XUAN, T.; et al. molecules Momilactones A and B Are α -Amylase and α -Glucosidase Inhibitors. Disponível em:

<www.mdpi.com/journal/molecules>. .

RAI, A. K.; PANDEY, A.; SAHOO, D. Biotechnological potential of yeasts in functional food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 83, p. 129–137, 2019. Elsevier. Acesso em: 9/8/2023.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, 1999. Pergamon. Acesso em: 6/6/2023.

SILVA, V. R. F. DA; KEMPKA, A. P. Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg: Therapeutic potential through a comprehensive review of biological activities and phenolic compound interactions. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 54, p. 102927, 2023. Elsevier. Acesso em: 22/11/2023.

DA SILVA VALE, A.; VENTURIM, B. C.; DA SILVA ROCHA, A. R. F.; et al. Exploring Microbial Diversity of Non-Dairy Fermented Beverages with a Focus on Functional Probiotic Microorganisms. **Fermentation**, v. 9, n. 6, p. 496, 2023. MDPI AG.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 144–158, 1965.

TEIXEIRA, N.; MELO, J. C. S.; BATISTA, L. F.; et al. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. **Food Research International**, v. 119, p. 325–348, 2019. Elsevier. Acesso em: 8/8/2023.

ZHANG, L.; WU, T.; ZHANG, Y.; et al. Release of bound polyphenols from wheat bran soluble dietary fiber during simulated gastrointestinal digestion and colonic fermentation in vitro. **Food Chemistry**, v. 402, p. 134111, 2023. Elsevier. Acesso em: 8/9/2023.

ZHAO, L.; ZHOU, Y.; QUAN, S.; et al. Transcriptome analysis reveals mechanisms of the disease resistance in postharvest kiwifruit induced by *Meyerozyma caribbica*. **Scientia Horticulturae**, v. 322, p. 112452, 2023. Elsevier. Acesso em: 3/10/2023.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–559, 1999. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

TEIXEIRA, N.; MELO, J. C. S.; BATISTA, L. F.; et al. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. **Food Research International**, v. 119, p. 325–348, 2019. Elsevier. Acesso em: 8/8/2023.

ZHANG, L.; WU, T.; ZHANG, Y.; et al. Release of bound polyphenols from wheat bran soluble dietary fiber during simulated gastrointestinal digestion and colonic fermentation in vitro. **Food Chemistry**, v. 402, p. 134111, 2023. Elsevier. Acesso em: 8/9/2023.

ZHAO, L.; ZHOU, Y.; QUAN, S.; et al. Transcriptome analysis reveals mechanisms of the disease resistance in postharvest kiwifruit induced by *Meyerozyma caribbica*. **Scientia Horticulturae**, v. 322, p. 112452, 2023. Elsevier. Acesso em: 3/10/2023.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555–559, 1999. Elsevier. Acesso em: 6/6/2023.

ANEXO I



O trabalho intitulado **GABIROBA (CAMPOMANESIA XANTHOCARPA BERG): COMPOSTOS BIOATIVOS COM EFEITO ANTIGLICÊMICO**, de autoria de **Schaina Etgeton**, **Suelen Ávila**, **Aline Danielle Di Paula Silva Rodrigues**, **Anne Caroline Rodrigues Silva**, **MARCIA REGINA BEUX** e **Claudia C Hecke Krüger** foi aprovado na modalidade Artigo de Revisão, para apresentação no evento XVII Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos e EPEAL 2023 a ser realizado 24/08/2023.

CURITIBA-PARANÁ-BRASIL

{assinatura.comissao}

Comissão Científica - erscta.sbcta@gmail.com

Data do Aceite:24/08/2023

ANEXO II

Gabiroba

(*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg)

UMA PRECIOSIDADE DA MATA ATLÂNTICA



**Propriedades nutricionais,
medicinais e receitas
ilustradas.**

AUTORIA

Organizadora:

**AIANE
BENEVIDE
SERENO**

Atena
Editora
Ano 2023

Autores: Aiane Benevide Sereno; Schaina A. P. Etgeton; Carla D. Pinto; Luciana Gibbert; Michelli Ap^a B. da Silva; Cláudia C. H. Krüger e Iara J. de Messias Reason.
DOI: 10.22533/at.ed.366231701.

ANEXO III



PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA
SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL
DIVISÃO DO MUSEU BOTÂNICO MUNICIPAL

DECLARAÇÃO DE TOMBAMENTO DE AMOSTRA BOTÂNICA

Declaro, para os fins que se fizerem necessários, que foi tombada no Herbário do Museu Botânico Municipal de Curitiba (MBM) uma amostra de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg no número **MBM185441** referente ao projeto "Caracterização fico-química e identificação de componentes bioativos com ação hipoglicemiante e antioxidante, em frutos cultivados nos municípios de Antonina e Morretes, Estado do Paraná, por pequenos produtores rurais".

Curitiba, 15 de agosto de 2023.

Felipe Eduardo
Cordeiro
Marinero

Assinado digitalmente por Felipe
Eduardo Cordeiro Marinero
Id: 049666360, O-BRASIL
Secretaria Municipal de Curitiba
(MMS), CN-Felipe Eduardo
Cordeiro Marinero, Entrefammar@
yaho.com.br
Data: 2023.08.15 13:47:33 -0300

Felipe Eduardo Cordeiro Marinero
Bolsista Napi Taxonline
Herbário MBM - Curitiba-PR

ANEXO IV



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO

SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Certidão
Cadastro nº AA1C7E7

Declaramos, nos termos do art. 41 do Decreto nº 8.772/2016, que o cadastro de acesso ao patrimônio genético ou conhecimento tradicional associado, abaixo identificado e resumido, no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado foi submetido ao procedimento administrativo de verificação e não foi objeto de requerimentos admitidos de verificação de indícios de irregularidades ou, caso tenha sido, o requerimento de verificação não foi acatado pelo CGen.

Número do cadastro: **AA1C7E7**
 Usuário: **Universidade Federal do Paraná**
 CPF/CNPJ: **75.095.679/0001-49**
 Objeto do Acesso: **Patrimônio Genético**
 Finalidade do Acesso: **Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico**

Espécie

Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg

Título da Atividade: **ENSAIO FITOQUÍMICO, BIOLÓGICO, ANTIOXIDANTE E EFEITO HIPOGLICEMIANTE DA GABIROBA-AMARELA (Campomanesia xanthocarpa))**

Equipe

Iara José de Messias Reason	Universidade Federal do Paraná
Aiane Benevide Sereno	Universidade Federal do Paraná
Claudia Carneiro Hecke Krüger	Universidade Federal do Paraná
Lucina Gibbert	Universidade Federal do Paraná
Michelli Aparecida Bertolazo da Silva	Universidade Federal do Paraná
Josiane de Fatima Gaspari Dias -	Universidade Federal do Paraná
Schalna Andriela Pontarollo Etgeton	Universidade Federal do Paraná -UFPR

Parceiras Nacionais

24.098.477/0001-10 / Universidade Federal da Paraíba

Data do Cadastro: **12/09/2018 20:16:32**
 Situação do Cadastro: **Concluído**

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
 Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em **12:14 de 18/02/2023**.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO
 DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
 E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
 ASSOCIADO - **SISGEN**

ANEXO V

Plant Foods for Human Nutrition
<https://doi.org/10.1007/s11130-023-01126-x>

RESEARCH



Nutritional Composition, Simulated Digestion and Biological Activities of *Campomanesia xanthocarpa* Fruit

Schaina Andriela Pontarollo Etgeton¹ · Suelen Ávila¹ · Anne Caroline Rodrigues Silva² · Jair José de Lima¹ · Aline Danielle Di Paula Silva Rodrigues¹ · Marcia Regina Beux^{1,3} · Cláudia Carneiro Hecke Krüger^{1,3}

Accepted: 7 November 2023

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2023

Abstract

Gabirobeira fruits are known for their rich nutrient content and bioactive phytochemical compounds that contribute to significant biological activities. Despite these attributes, the antioxidant potential and stability of phenolic compounds in gabi-roba by-products after digestion have yet to be studied. The objective of this work was to evaluate the physical-chemical composition, antibacterial activity, α -amylase, and α -glucosidase inhibitory effects, as well as the in vitro digestibility of total phenolic compounds, total flavonoids, and antioxidant activity of powder and extract from gabi-roba to valorize these byproducts. The gabi-roba powder had low moisture, high carbohydrate and fiber content. The extraction using 80% ethanol demonstrated higher antioxidant, antibacterial, α -amylase, and α -glucosidase inhibition activities compared to the 12% ethanol and water extracts. Catechin and ferulic acid were the major phenolic compounds identified by HPLC-DAD. After digestion, both the powder and the gabi-roba extract exhibited a bioaccessibility of more than 30% for total phenolic compounds and antioxidant activity during the gastric phase. However, the dry ethanol extract displayed higher total phenolic compounds after both the gastric and intestinal phases compared to the flour. Processing gabi-roba into powder and extract is a promising approach to fully utilize this seasonal fruit, minimize waste, concentrate health-beneficial compounds, and valorize a by-product for use as a functional ingredient and raw material within the food and pharmaceutical industries.

Keywords Biological activity · Gabi-roba · Extract · Bioaccessibility · α -Amylase inhibition, α -Glucosidase inhibition

Introduction

The gabirobeira tree, scientifically known as *Campomanesia xanthocarpa* Berg, belongs to the Myrtaceae family and produces a fruit called gabi-roba [1]. This fruit is a spherical berry with thin and smooth skin, ranging from yellow to

orange. It is recommended to consume gabi-roba promptly after harvesting, which takes place once a year for about a week, due to its limited post-harvest shelf life caused by high sugar and water content [2]. The gabi-roba pulp is fleshy, juicy, and highly appreciated for its sweet taste and citrus aroma [3]. Seasonal fruits, especially those perishable

✉ Schaina Andriela Pontarollo Etgeton
schaim13@outlook.com

Suelen Ávila
suelenavila@gmail.com

Anne Caroline Rodrigues Silva
anne.silva@ufvjm.edu.br

Jair José de Lima
jairjlma@gmail.com

Aline Danielle Di Paula Silva Rodrigues
alinedipaala17@gmail.com

Marcia Regina Beux
mrbeux@ufpe.br

Cláudia Carneiro Hecke Krüger
cchecke@ufpe.br

¹ Postgraduate Program in Food and Nutrition, Health Science Sector, Federal University of Paraná, Campus III, 80210-170, Curitiba, Paraná, Brazil

² Graduate Program in Nutrition Science, Federal University of Jequitinhonha and Mucuri Valleys, Diamantina, Minas Gerais 39100-000, Brazil

³ Graduate Program in Nutrition, Nutrition Department, Health Science Sector, Federal University of Paraná, Campus III, 80210-170, Curitiba, Paraná, Brazil

Published online: 16 November 2023

Springer