



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA – PPGBIOTEC

RAYSSA OLIVEIRA CANTISANI PINTO

**CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL DE BIOATIVOS PRESENTES NA CASCA E
SEMENTE DO BACUPARI (*Garcinia brasiliensis*)**

MANAUS – AM

2023

RAYSSA OLIVEIRA CANTISANI PINTO

**CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL DE BIOATIVOS PRESENTES NA CASCA E
SEMENTE DO BACUPARI (*Garcinia brasiliensis*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas como partes dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

ORIENTADORA: Profa. Dr^a. Rosany Piccolotto Carvalho

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Emersom Silva Lima

MANAUS – AM

2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P659c Pinto, Rayssa Oliveira Cantisani
Caracterização do Potencial de bioativos presentes na casca esemente do bacupari (*Garcinia brasiliensis*) / Rayssa Oliveira Cantisani Pinto . 2023
85 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Rosany Piccolotto Carvalho
Coorientador: Emersom Silva Lima
Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federaldo Amazonas.

1. *Garcinia brasiliensis*. 2. Bacupari. 3. Subprodutos. 4. Extratos. 5. Atividade antioxidante. I. Carvalho, Rosany Piccolotto. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

RAYSSA OLIVEIRA CANTISANI PINTO

**CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL DE BIOATIVOS PRESENTES NA CASCA E
SEMENTE DO BACUPARI (*Garcinia brasiliensis*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas como partes dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Aprovada em 28 de setembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª Dr^a Rosany Piccolotto Carvalho (Presidente)

Prof. Dr. Luis André Morais Mariúba (Membro)

Prof. Dr. Edson Junior do Carmo (Membro)

Às pessoas, mais amadas e queridas da minha vida, que com muito carinho, amor, e paciência sempre estiveram e estarão ao meu lado, ensinando-me a cada dia ser um pouco melhor. Aos meus pais:
Verenice e João Bosco, meu marido: Adriano.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido o dom da vida, dia a dia, assim como a oportunidade de vir ao mundo em uma família maravilhosa, cujo amor e compreensão foram e são fundamentais ao meu caminho traçado até aqui.

Aos meus pais Verenice e João Bosco que sempre estão presentes em cada momento da minha vida, me ensinando, sustentando e apoiando na minha jornada. Ao meu marido Adriano, que com muito amor, carinho e paciência, me acolhe e me estimula a dar continuidade aos meus estudos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Rosany Piccolotto Carvalho pela confiança, compreensão e esforços concedidos a mim, permitindo meu desenvolvimento durante o mestrado e percurso na vida, bem como ao meu co-orientador, Prof. Dr. Emerson Silva pela disponibilidade de realização de algumas análises.

Ainda agradeço a pessoa do Prof. Dr. Edson Pablo da Silva, pela disponibilização do laboratório, por possibilitar o convívio com pessoas mais que especiais do Núcleo de Produção de Extratos (NPE/CBA), bem como compartilhar conhecimento, contribuir e possibilitar ter novas experiências em minha vida. Aos meus amigos de laboratório: Daniel Motta, Vanessa Leal, Ellen Rocha, pelas discussões, companheirismo, colaboração no desenvolvimento do projeto, os quais sempre estiveram me apoiando e compartilhando sentimentos.

Agradeço a equipe do Laboratório de Engenharia Tecidual e Imunofarmacologia (LETI) do Instituto Gonçalo Moniz/Fiocruz Bahia que colaboraram intensivamente para o desenvolvimento de algumas análises.

Aos meus amigos de vida, Mayra Brasil, Mariana Brasil, Thaissa Azevedo, Thiago Albuquerque e Juliana Gualberto, que sempre estiveram presentes, pelo carinho, apoio, compreensão e agradáveis companhias em cafés da tarde.

Ao Centro de Bionegócios da Amazônia (CBA) pela concessão do uso dos laboratórios e colaboração no desenvolvimento da pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) pela concessão da bolsa de estudo.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

A Região Amazônica exibe uma variedade de espécies de frutos excêntricos, ainda pouco conhecidas, os quais apresentam compostos bioativos que podem ser utilizados em benefício à sociedade. O bacupari (*Garcinia brasiliensis*) é um fruto nativo da Região Amazônica e se desenvolve ao longo do território nacional e também em países sul-americanos. O fruto faz parte do hábito alimentar, principalmente da população nortista, em seu tempo de sazonalidade, o que evidencia o fato de não haver dados de produção disponível. Diante da escassez da aplicação deste fruto em alimentos, bem como informações científicas, objetivou-se realizar a caracterização físico-química e atividade antioxidante das farinhas e extratos obtidos a partir de subprodutos (casca e semente) do fruto. Para tanto, foram realizados os métodos de capacidade de redução de Folin-Ciocalteu e do radical DPPH para a determinação da atividade antioxidante, compostos fenólicos e polifenóis. Para as análises físico-químicas realizou-se a composição proximal, identificação de minerais por FRX, açúcares totais e redutores e compostos voláteis a partir de CG/MS das farinhas da casca e semente do fruto. Os ensaios de citotoxicidade frente às linhagens cancerígenas foram realizados a partir do método de AlamarBlue. Os resultados demonstraram boa atividade antioxidante dos extratos obtidos por diferentes solventes de extração, principalmente para etanol, hexano e metanol no subproduto semente, variando entre $93,71 \pm 0,17\%$ a $90,72 \pm 0,6\%$. Além disso, características físico-químicas das farinhas se mostraram promissoras quanto a presença de minerais importantes na dieta humana (Ca e K), açúcares totais (casca - $18,89 \pm 0,27 \text{ mg.g}^{-1}$ e semente - $8,38 \pm 1,0 \text{ mg.g}^{-1}$) e significativa porcentagem de lipídeos, proteínas e carboidratos. Através do estudo de compostos voláteis por CG-MS foi possível identificar 45 substâncias pertencentes às classes dos álcoois, ácidos carboxílicos, terpenos e cetonas, e classifica-las quanto ao odor. Quanto aos ensaios de citotoxicidade, os extratos que apresentaram melhores potenciais anticancerígenos foram os etanólico, hexanólico e metanólico de semente, com IC_{50} entre $14,7 \pm 0,31$ e $15,17 \pm 0,81$ ($\mu\text{g/mL}$) em determinadas linhagens. Dessa maneira, é possível inferir que casca e semente apresentam potencialidade na indústria farmacêutica e alimentícia para obtenção de novos produtos. Assim como o uso dos extratos do fruto devem ser submetidos a maiores investigações acerca da atividade antioxidante *in vivo* e mecanismos relacionados a verificação de sua possível utilidade como fonte de princípios ativos a serem aplicados na prevenção e tratamento de doenças cuja pato-fisiologia relaciona-se ao estresse oxidativo.

Palavras-chave: *Garcinia brasiliensis*, bacupari, subprodutos, extratos, atividade antioxidante.

ABSTRACT

The Amazon Region displays a variety of eccentric fruit species, still little known, which contain bioactive compounds that are used to benefit society. Bacupari (*Garcinia brasiliensis*) is a fruit native to the Amazon region and grows throughout the national territory and in South American countries. The fruit is part of the eating habits, especially of the northern population, during its seasonality, which highlights the fact that there are no production data available. Given the scarcity of application of this fruit in food, as well as scientific information, the objective was to carry out the physical-chemical characterization and antioxidant activity of flours and extracts obtained from by-products (skin and seeds) of the fruit. To this end, the Folin-Ciocalteu reduction capacity and DPPH radical reduction methods were carried out to determine the antioxidant activity, phenolic compounds and polyphenols. For the physical-chemical analyses, the proximal composition was carried out, identification of minerals by XRF, total and reducing sugars and volatile compounds using GC/MS of the fruit peel and seed flours. Cytotoxicity tests against cancerous strains were carried out using the AlamarBlue method. The results demonstrated good antioxidant activity of the extracts obtained by different extraction solvents, mainly for ethanol, hexane and methanol for the seed byproduct, varying between $93.71 \pm 0.17\%$ to $90.72 \pm 0.6\%$. Furthermore, the physicochemical characteristics of the flours were promising regarding the presence of important minerals in the human diet (Ca and K), total sugars (shell - 18.89 ± 0.27 mg.g⁻¹ and seed - 8.38 ± 1.0 mg.g⁻¹) and a significant percentage of lipids, proteins and carbohydrates. Regarding the results of cytotoxic activity, the extracts that showed the best anticancer potential were ethanol, hexane and methanol seed extracts, with IC₅₀ between 14.7 ± 0.31 ($\mu\text{g/mL}$) and 15.17 ± 0.81 ($\mu\text{g/mL}$) for certain cell lines. Through the study of volatile compounds by GC-MS of flours, it was possible to identify 45 substances belonging to the classes of alcohols, carboxylic acids, terpenes and ketones, and classify them according to their odor. In this way, it is possible to infer that the peel and seed have potential in the pharmaceutical and food industry to obtain new products. As well as the use of fruit extracts, they must be subjected to further investigations regarding in vivo antioxidant activity and mechanisms related to verifying their possible usefulness as a source of active principles to be applied in the prevention and treatment of diseases whose pathophysiology is related to oxidative stress.

Keywords: *Garcinia brasiliensis*, bacupari, by-products, extracts, antioxidant activity.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Composição Nutricional dos frutos de bacupari (<i>Garcinia brasiliensis</i>)	23
Tabela 2 – Compostos secundários encontrados na <i>Garcinia brasiliensis</i>	24
Tabela 3 – Composição Proximal e características físico-químicas da casca e semente de <i>Garcinia brasiliensis</i>	51
Tabela 4 – Composição mineral da casca e semente de <i>Garcinia brasiliensis</i>	53
Tabela 5 – Resultado da quantidade de lipídeos e Açúcares presentes na casca e semente de <i>Garcinia brasiliensis</i>	56
Tabela 6 – Quantidade de carotenoides presentes na farinha de casca e semente de <i>Garcinia brasiliensis</i>	58
Tabela 7 – Rendimento dos extratos obtidos a partir da farinha de casca e semente de <i>Garcinia brasiliensis</i>	59
Tabela 8 – Determinação de compostos fenólicos, polifenóis e atividade antioxidante (DPPH) das farinhas e extratos de <i>G. brasiliensis</i>	61
Tabela 9 – Compostos identificados na farinha da casca de <i>Garcinia brasiliensis</i>	64
Tabela 10 – Efeito citotóxico dos extratos obtidos de farinha de casca e semente de <i>G. brasiliensis</i> sobre linhagens de células tumorais e células normais (MCR-5)	67

Lista de Figuras

Figura 1 – Locais de ocorrência da espécie <i>Garcinia brasiliensis</i>	20
Figura 2 – Frutos de <i>Garcinia brasiliensis</i> colhidos no município de Autazes – AM	21
Figura 3 – Exsicata de <i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	22
Figura 4 – Estrutura química da 7-epiclusianona, guttiferona – A e moreloflavona.....	27
Figura 5 – Bioatividades do Bacupari.....	29
Figura 6 – Fluxograma da obtenção de extratos dos solventes.....	39
Figura 7 – Curva Padrão de Açúcares Totais	40
Figura 8 – Curva Padrão de Açúcares Redutores.....	41
Figura 9 – Curva Padrão de Polifenóis.....	44
Figura 10 – Curva Padrão de Ácido Gálico.....	45
Figura 11 – Curva Padrão de DPPH.....	46
Figura 12 – Fruto da espécie <i>Garcinia brasiliensis</i>	50
Figura 13 – Amadurecimento do Fruto	53
Figura 14 – Gráfico de análise de FRX (Ti – U/ Na – Sc) das farinhas de casca e semente de <i>Garcinia brasiliensis</i>	54
Figura 15 – Cromatogramas do fruto bacupari (<i>Garcinia brasiliensis</i>) por compostos voláteis obtidos por HS-SPME/CG-MS	65

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo Geral	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Família <i>Clusiaceae</i>	18
3.2. <i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	19
3.3. Composição Nutricional do bacupari	22
3.4. Compostos Bioativos do bacupari	24
3.5. Atividade biológica e benefícios a saúde	28
3.6. Atividade Antioxidante	30
3.7. Manejo do bacupari	31
3.8. Ensaio de Citotoxicidade	33
4. METODOLOGIA	35
4.1. Material vegetal	35
4.2. Obtenção de extratos	35
4.3. Caracterização química da farinha obtida a partir da casca e semente do bacupari	36
4.3.1. Determinação de Sólidos Solúveis (°Brix) e Índice de Refração	36
4.3.2. Determinação de pH	36
4.3.3. Determinação de Acidez Titulável	36
4.3.4. Determinação de Açúcares	37
4.3.4.1. Determinação de Açúcares Solúveis Totais	37
4.3.4.2. Determinação de Açúcares Redutores	37
4.3.4.3. Determinação de Açúcares Não-redutores	38
4.3.5. Identificação de elementos químicos por FRX	38
4.3.6. Composição Proximal	39
4.3.6.1. Determinação de gordura pelo Método de Bligh-Dyer	39
4.3.6.2. Determinação de Lipídeos por Soxhlet	39
4.3.6.3. Determinação da Umidade	39
4.3.6.4. Determinação de Cinzas	40
4.3.6.5. Determinação de Proteína Bruta	40
4.3.6.6. Determinação de Carboidratos	40
4.4. Determinação de Carotenoides Totais	40
4.5. Determinação de Polifenóis da farinha e extrato de casca e semente do fruto	41
4.6. Extração de compostos fenólicos da farinha e extratos da casca e semente do fruto	41

4.7.	Determinação de compostos fenólicos totais (CFT) da farinha e extratos da casca e semente do fruto	42
4.8.	Determinação da Atividade Antioxidante das farinhas e extratos da casca e semente do fruto	42
4.8.1.	Determinação da atividade antioxidante por DPPH.....	42
4.9.	Rendimento dos extratos	43
4.10.	Determinação dos compostos voláteis das farinhas do fruto	44
4.11.	Ensaio de toxicidade dos extratos	44
4.11.1.	Manutenção das Linhagens	44
4.11.2.	Determinação da atividade citotóxica dos extratos	45
5.	Análise Estatística	46
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
6.1.	Caracterização do fruto	47
6.2.	Composição proximal, mineral e parâmetros físico-químicos.....	47
6.3.	Determinação de gorduras e Açúcares Totais, redutores e não redutores	52
6.4.	Determinação de carotenoides	54
6.5.	Rendimento dos extratos	55
6.6.	Determinação de Compostos Fenólicos, Polifenóis e Atividade Antioxidante.....	57
6.7.	Compostos Voláteis	60
6.8.	Atividade Citotóxica	63
7.	CONCLUSÃO	65
8.	REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica detém de uma variedade de espécies na qual podem ser encontradas na fauna e flora, a qual pode apresentar funções e/ou finalidades de impacto na sociedade humana. O Ministério do Meio Ambiente totaliza cerca de 2.500 espécies de árvores de grande porte, o que corresponde a 1/3 de toda a madeira tropical do mundo, além de mais de 30 mil espécies de plantas (das 100 mil da América do Sul) (BRASIL, 2019).

Segundo os últimos dados apresentados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, aproximadamente 2.100 espécies de plantas, fungos e algas brasileiras foram descritas como novas para ciência nos anos de 2015 a 2020, estas sendo utilizadas na alimentação e medicina, bem como na obtenção de diversos produtos como óleos, graxas, ceras, entre outros, isso porque a nova plataforma Flora do Brasil, reúne informações necessárias para a identificação de todas as plantas nativas do país (BRASIL, 2021). Entretanto, ainda há uma boa parte da nossa biodiversidade a ser desvendada e que podem apresentar um grande potencial nutricional, exibindo interesse científico e econômico, podendo estes serem consumidos *in natura* ou na forma de produtos derivados (RUFINO *et al.*, 2020).

A riqueza de nutrientes das diversas plantas exóticas do bioma Amazônia, torna-se um dos principais fatores que levam ao crescente interesse pelo consumo de suas frutas e derivados, assim sendo, quando se analisa a área de bionegócio (aproveitamento de recursos da biodiversidade na produção de alimentos, bebidas, cosméticos e medicamentos fitoterápicos), o Brasil apresenta um grande potencial para a produção tanto de biocosméticos como de nutracêuticos, devido à abundância de recursos naturais e a grande biodiversidade encontrada no país (LIMA *et al.*, 2019), o que pode ser facilitado pelo investimento em processos biotecnológicos, contribuindo com o fortalecimento da bioeconomia, isso porque a sociedade e o estilo de vida modernos resultaram em uma demanda crescente por diversidade alimentar, melhor saúde e bem-estar (ROTTER *et al.*, 2021).

A utilização dos recursos naturais de forma inteligente, dentro desse processo, torna-se importante na obtenção de insumos para a indústria e/ou como fonte de bioativos com funcionalidade terapêutica, as quais também podem ser implementadas na agricultura familiar, ecologicamente viável e socialmente incluyente (MACIEL *et al.*, 2022). As espécies nativas dos biomas brasileiros, precisam ser estudadas cada vez mais, podendo ser o motor de desenvolvimento local, regional e/ou mundial por meio de alternativas inteligentes e que apresentem resultados similares e/ou superior a de processos e/ou matérias-primas já comumente utilizadas (FRANCO *et al.*, 2020).

Segundo o Ministério da Saúde, 80% da população brasileira utiliza práticas tradicionais nos seus cuidados básicos de saúde, com destaque para plantas e preparações, bem como frutas e resíduos destas, o que corrobora a contemplação de políticas públicas no acesso a essas práticas (BRASIL, 2016). O consumo de vegetais e frutas tendo sido associado a uma vida saudável, além de potencial nutritivo, o que se leva a crer que os alimentos apresentam diferentes concentrações de metabólitos, muitos dos quais desempenham funções biológicas viáveis para determinadas enfermidades ((PHANG *et al.*, 2022).

Entre as espécies de interesse dentro do bioma amazônico o bacuparizeiro (*Garcinia brasiliensis* Mart.) merece destaque por suas características e composição apresentadas e sua extensa ocorrência ao longo do território nacional, sendo esta, em quase todos os biomas brasileiros, de clareiras e restingas litorâneas (BITTRICH *et al.*, 2015).

O bacupari se apresenta de forma lisa, amarela a alaranjada e elipsóide, contém polpa agridoce rica em vitamina C, Ca, K, Mg, Fe, Zn e Cu e proteínas, podendo ser consumida *in natura* ou utilizada na produção de sorvetes, sucos, doces, geleias e licores. Na culinária regional, a casca também é aproveitada e o óleo extraído de suas sementes e folhas é usado como anti-inflamatório e cicatrizante na medicina popular (SHANLEY *et al.*, 2016).

O gênero *Garcinia* contém uma ampla gama de metabólitos biologicamente ativos, e estes, nas últimas décadas, têm recebido considerável atenção pela composição química de seus extratos, sendo ricos em derivados de benzofenonas poliisopreniladas, polifenóis, bioflavonoides e xantonas, dessa forma espécies do gênero ganham notoriedade devido às ricas fontes de compostos com propriedades terapêuticas relevantes (DA CUNHA DEMENCIANO *et al.*, 2020). Desse modo, além da presença de compostos fenólicos, a casca e a semente de *Garcinia brasiliensis* podem ser trituradas e transformadas em farinha, destacando principalmente as fibras alimentares presentes, e que proporcionam controle da glicose sanguínea por meio do aumento da sensibilidade periférica à ação da insulina, além de serem importantes constituintes de uma dieta saudável (CHEN *et al.*, 2019).

A identificação de compostos bioativos é de extrema importância, e a realização dos estudos torna-se fundamental, pois durante as últimas décadas, o consumo de frutos tropicais cresceu ao redor do mundo. Segundo a FAO (2020), no ano de 2019 foram contabilizados 7,7 milhões de toneladas de frutos tropicais comercializados, 6,4% maior que o ano anterior. Isso se tornou possível muito pelo avanço da ciência da nutrição, bem como os frutos tropicais serem sensorialmente atrativos e reconhecidos como boas fontes de propriedades nutricionais e

terapêuticas, apresentando principalmente propriedades quanto a redução de desenvolvimento de doenças crônicas, como a diabetes e também a obesidade (CHEN *et al.*, 2019)

Entretanto, embora estes frutos apresentem quantidades significativas de substâncias com propriedades bioativas, o estudo de tecnologias e/ou processos que preservem essas substâncias assumem papel fundamental, pois, devido ao seu alto valor nutricional, muitas espécies nativas apresentam alta perecibilidade. Logo o emprego de tecnologias como a microencapsulação, que além de proteger compostos sensíveis contra as condições adversas do meio pode promover a liberação controlada e mascarar aspectos sensoriais indesejados, pode ser uma alternativa viável a fim de se garantir maior vida útil e eficácia (FURUTA; NEOH, 2021).

Com o progresso da ciência e tecnologia observou-se a importância da bioconversão de resíduos industriais em produtos de valor agregado por meio da rota biotecnológica, isso porque segundo a FAO (2011), cerca de 45% destes resíduos são frutas e vegetais, os quais deixam uma quantidade significativa de detritos. Além disso, para tornar o processo econômico e responsivo ao meio ambiente, resíduos/subprodutos agroindustriais podem ser usados como substratos em processos como uma matéria-prima barata, isso porque boa parte dos alimentos produzidos no mundo é desperdiçado, e acabam contribuindo para poluição ambiental (GULSUNOGLU-KONUSKAN; KILIC-AKYILMAZ, 2022).

O cultivo de alimentos sustentáveis é universalmente disseminado como uma meta a ser alcançada e, a utilização dos resíduos desses alimentos é um desafio constante aos novos pesquisadores e para a indústria alimentícia. A recuperação, ou até mesmo a manutenção dos compostos bioativos, vem atraindo mais atenção nos últimos anos, o que contribui para que o valor econômico dos diferentes resíduos gerados nas agroindústrias sejam menor do que o custo de coleta e valorização para reaproveitamento. Sendo assim, intervenções biotecnológicas são vistas como valiosas, principalmente para o desenvolvimento de novos produtos (PANESAR; KAUR, 2015; RADENKOV *et al.*, 2018; GULSUNOGLU-KONUSKAN; KILIC-AKYILMAZ, 2022).

Deste modo, a fim de dar subsídios e aproveitamento de subprodutos de bacupari na região Amazônica, além de sanar lacunas pendentes quanto a características de bioativos e, morfológicas e químicas do mesmo, essa pesquisa tem como objetivo principal avaliar a atividade antioxidante de extratos de diferentes polaridades, obtidos a partir da casca e semente de *Garcinia brasiliensis* (Bacupari).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Determinar a atividade antioxidante dos extratos produzidos a partir de subprodutos de bacupari (*Garcinia brasiliensis*).

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar a composição proximal e parâmetros físicos e químicos da casca e semente de *Garcinia brasiliensis* para obter suas características alimentícias *in natura*;
- Determinar a concentração de polifenóis e compostos fenólicos da farinha e dos extratos dos subprodutos de *Garcinia brasiliensis*.
- Produzir extratos a partir de solventes de diferentes polaridades com as farinhas dos subprodutos do fruto *Garcinia brasiliensis* (bacupari) e calcular o rendimento dos extratos;
- Determinar os compostos bioativos presentes nos extratos de diferentes polaridades (subprodutos de *Garcinia brasiliensis*).
- Avaliar a influência do processo no conteúdo de compostos bioativos e na atividade antioxidante dos extratos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Família *Clusiaceae*

A família *Clusiaceae* Lindl. também conhecida como *Guttiferae*, apresenta uma distribuição pantropical, a qual inclui cerca de 55 gêneros e 1.200 espécies (STEVENS, 2007; YAMAGUCHI *et al.*, 2014). O Brasil apresenta 12 gêneros (1 endêmico); 126 espécies (42 endêmicas), além de 4 subespécies que podem ser encontradas como arbustos, árvores ou lianas (FORZZA *et al.*, 2010). Sabe-se que a família não é endêmica do país, no entanto, é nativa em grande parte dele, com ocorrências confirmadas nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (BRUMMITT, 1992; JOLLY, 1993; YAACOB; TINDALL, 1995; BARROSO *et al.*, 2002). No Brasil, os gêneros mais importantes são *Kielmeyera* Mart. & Zucc. (pau-santo), *Caraipa* Aubl. (camaçari), *Platonia* R. Wight (bacuri), *Clusia* L. (abaneiro), *Garcinia* (bacupari) e *Calophyllum* (guanandi) (ACUNA *et al.*, 2009).

As plantas que fazem parte da família *Clusiaceae* apresentam comumente características lenhosas, arbóreas ou arbustivas, com folhas inteiras de disposição alterna, oposta ou verticiladas e sem estípulas. Assim como, possuem flores geralmente vistosas, isoladas ou reunidas em inflorescência, podendo ser cíclicas ou hemicíclicas, geralmente hermafroditas, ou de sexo separado com simetria radial (JOLLY, 1993).

Dessa maneira, as espécies frutíferas são consideradas como uma alternativa viável para a Amazônia, podendo ser uma das principais fontes de renda da população da região, garantindo o sustento nas diferentes comunidades locais, (PAZ *et al.*, 2021). Segundo Lima *et al.*, 2007, no Brasil, entre as espécies frutíferas nativas da Amazônia Brasileira, são descritas cinco representantes dessa família, a exemplo, pertencem ao gênero *Garcinia* (*Rheediae*) são conhecidas como ‘bacuri-mirim’ (*R. gardneriana* Miers. ex. Pl. et. Tr.), ‘bacuripari liso’ (*R. brasiliensis* (Mart.) Pl. et. Tr.), ‘bacurizinho’ (*R. acuminata* (R. et. P.) Pl. et. Tr.) e ‘bacuripari’ (*R. macrophylla* (Mart.) Pl. et. Tr.) (LIMA *et al.*, 2007), todas possuem porte e frutos menores, de qualidade inferior que o bacurizeiro (*Platonia insignis*), tornando este último o mais importante, do ponto de vista econômico.

Sua alta aceitação e consumo no mercado amazonense, paraense e maranhense, o faz ser um dos frutos mais explorados e pesquisados quanto a compostos bioativos, desde suas sementes até a casca. O bacurizeiro possui alto valor para as agroindústrias e exportação de polpa (no país e no exterior), gerando emprego e renda (YAMAGUCHI *et al.*, 2014). Dessa maneira, estudos farmacológicos já realizados apontam fonte promissora para elaboração de possíveis fito-medicamentos com atividade cicatrizante, anti-inflamatória, anticonvulsivante,

antimicrobiana, citotóxica e antioxidante e diversas doenças como câncer, Alzheimer e Parkinson (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2010).

Alguns estudos realizados com plantas da família Clusiaceae, identificaram constituintes químicos pertencentes a classes e subclasses de metabolitos como cumarinas, xantonas, benzofenonas, biflavonoides e triterpenos, produzidos pelas plantas principalmente como mecanismo de defesa (JÚNIOR *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2012; RUFINO *et al.*, 2010; LI *et al.*, 2002; SOUZA *et al.*, 2017). As benzofenonas das plantas da família Clusiaceae possuem propriedades com características antiinflamatórias, antimicrobianas, e efeitos citotóxicos e os biflavonoides são umas das sub-classes mais abundantes, considerados como marcadores taxonômicos da família (KSHIRSAGAR *et al.*, 2022).

A exemplo de gêneros e espécies da Família Clusiaceae, pesquisas apontaram a presença de biflavonoides, benzofenonas preniladas e xantonas constatadas em sementes de *Garcinia kola* por Iwu *et al.*, (2002), bem como propriedades anti-inflamatórias a partir do óleo volátil extraído do pericarpo de *Garcinia brasiliensis* (MARTINS *et al.*, 2008). Alguns estudos químicos mais longínquos realizados por dos Santos *et al.*, (1999) a partir de *Garcinia gardneriana*, também demonstrou atividade antioxidante, assim como alguns outros efeitos, como anti-inflamatório (CASTARDO *et al.*, 2008), antibacteriano (VERDI *et al.*, 2004) e analgésico (FILHO *et al.*, 2000).

3.2. *Garcinia brasiliensis* Mart.

O fruto bacupari é o nome popular dado a *Garcinia brasiliensis* Mart. (*Rheedia brasiliensis* (Mart.) Planch. & Triana), o nome vem do tupi e significa “fruta de cerca” devido aos ramos ascendentes que crescem na horizontal quando a planta nasce em áreas abertas. Sendo uma espécie nativa da Região Amazônica, cultivada em todo o Brasil, ela é popularmente conhecida como “bacuri”, “bacupari”, “bacuri liso”, “bacupari mirim”, “porocó”, “bacuripari” e, na Bolívia, “guapomo” (MUNIZ, 2020).

A fruta é endêmica no Brasil, podendo ocorrer nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Tocantins, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, e até no Rio de Janeiro e Santa Catarina (MUNIZ, 2020). A mesma apresenta ocasionalmente característica de crescimento em estrato médio de florestas de várzea baixa, terra firme e regiões do cerrado. Dessa maneira, é encontrada em locais do bioma Pantanal e Cerrado, como também em países vizinhos ao Brasil, como Paraguai e norte da Argentina, como exemplificado na Figura 1, na qual mostra estados

e países da América do Sul, ao qual foram encontradas espécies de *Garcinia brasiliensis*. (MARINHO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2020).

Figura 1 – Locais de ocorrência da espécie *Garcinia brasiliensis*.



Fonte: ©2023 NASA, TerraMetrics; ©Google Earth; ©GoogleMyMaps.

O solo da região amazônica se caracteriza por uma várzea a qual se apresenta como um ambiente dinâmico variando em formas e tamanhos devido à sazonalidade do nível do rio Amazonas (cheia e vazante) e principalmente pelo processo natural das Terras Caídas. Suas propriedades físicas, químicas, mineralógicas e hidráulicas de solo se alteram conforme o comportamento físico e mecânico, provocando o desequilíbrio dos barrancos e o aparecimento de cicatrizes de Terras Caídas que por sua vez contribui para outro processo, a sedimentação. Essa sedimentação contribui para concentração de macro e micronutrientes no solo (MAGALHÃES; GOMES, 2013).

A presença de bacuparizeiros nesses solos de várzea interfere diretamente na presença de macro e micronutrientes na planta, o que demonstra características positivas, quanto a presença de compostos bioativos e também a condições morfológicas do fruto. As árvores de bacupari detêm-se de frutos amarelos que apresentam polpa mucilagínosa, branca a transparente e comestível, levemente agri-doce, assim como, exibe casca (pericarpo) elástica, a qual é facilmente removida e normalmente possui de 2 a 3 sementes (Figura 2) (JULIA F. MORTON, 1987), as quais são utilizadas principalmente pela população local por propriedades

anti-inflamatórias (SANTA-CECÍLIA *et al.*, 2011;CASTARDO *et al.*, 2008), antinociceptivas (SANTA-CECÍLIA *et al.*, 2011), antioxidantes e antitumorais (COELHO *et al.*, 2008).

Figura 2 – Frutos de *Garcinia brasiliensis* colhidos no município de Autazes – AM).



Fonte: Arquivo pessoal.

O Jardim Botânico do Rio de Janeiro, descreve a planta como arbustos ou árvores de pequeno a médio porte, sendo de 5 a 10 metros, podendo alcançar uma altura de 15m, com copa piramidal, folhas opostas e pecioladas, ramos em ângulo obtuso, cilíndricos, sulcados e os ramos jovens são ligeiramente ásperos, finamente papilhosos e apresentam látex amarelado, além de suas folhas serem em formato de lança e as flores abundantes e polígamas

Esta espécie é de grande importância para reflorestamento em áreas de preservação, fornecendo alimentação em abundância à fauna em geral. Segundo Donadio *et al.* (2002), em função da aceitação dos frutos do bacuparizeiro na forma de fruta fresca e processada, esta espécie apresenta potencial para exploração econômica, se constituindo uma alternativa aos mercados interno e externo de frutas exóticas.

Diversas exsiccatas catalogadas são encontradas em diferentes estados do Brasil, até mesmo em outros países, os quais não há indícios de crescimento da espécie, como por exemplo o herbário de Nova Iorque (Steere Herbarium), sendo o maior herbário do Hemisfério Ocidental. É um recurso imprescindível para estudiosos de todo o mundo que estão documentando a biodiversidade de plantas e fungos do planeta, e o mesmo tem em seu catálogo diversas espécies de plantas brasileiras, inclusive de *Garcinia brasiliensis*, como é mostrado na Figura 3, com características das folhas (caule, pecíolo, estípulas, nervuras e lâmina foliar).

Figura 3 – Exsicata de *Garcinia brasiliensis* Mart.



Fonte: (GOMES *et al.*, 2013) - Steere Herbarium (NYBG).

3.3. Composição Nutricional do bacupari

As informações sobre a composição nutricional de frutas brasileiras, com ênfase às da Região Amazônica, são pouco publicadas, ou seja, escassas. Concomitante a isso, dados complacentes sobre a composição química de partes que comumente não são comestíveis, como cascas e sementes, são ainda mais escassos. Dessa maneira, buscando manter o conhecimento adquirido a partir de tradições antigas, assim como evitar o desperdício de nutrientes e agregar valor às frutas utilizadas, é necessário incluir essas partes na alimentação humana, contribuindo para o estado nutricional da população e reduzir a insegurança alimentar do país (MACIEL *et al.*, 2022).

A tabela 1 apresenta a composição nutricional do bacupari, trazendo pesquisas realizadas por diferentes amostras (casca, semente e polpa) e, percebe-se, que poucas são as

publicações que explicitam a composição nutricional do fruto. Em geral, o bacupari é rico em fibras e carboidratos. Porém é possível encontrar uma parcela considerável de proteínas e minerais presentes em locais distintos da planta, seja em seu fruto ou folhas.

Tabela 1 – Composição Nutricional dos frutos de bacupari (*Garcinia brasiliensis*).

PARÂMETROS	FRAÇÃO DA FRUTA		
	Casca	Polpa	Semente
Umidade (%)	10,16 ± 1,2	13,15 ± 0,11	6,30 ± 0,09
Carboidratos (%)	57,49 ± 0,88	63,24 ± 0,12	55,14 ± 1,33
Proteínas (%)	5,48 ± 0,2	5,05 ± 0,35	5,20 ± 0,09
Lipídios (%)	6,50 ± 0,54	1,17 ± 0,08	15,61 ± 1,09
Cinzas (%)	4,24 ± 0,06	1,24 ± 0,04	2,09 ± 0,06
Fibras (%)	16,13 ± 0,26	16,13 ± 0,14	15,64 ± 0,34
Vitaminas (%)	-	B9 (ác. fólico) – 2,08 ± 0,42	-

Referências: (MELO *et al.*, 2022); (DE MELO *et al.*, 2022).

Souza *et al.*, (2016), descreveu o bacupari (*Garcinia brasiliensis*) *in natura*, como tendo as seguintes características nutricionais: proteína bruta da casca (0,76%); lipídios totais da casca (1,23%), cinzas da casca (0,45%) e umidade da casca (82,37%), quanto a semente, os autores encontraram: proteína bruta da semente (2,34%); lipídios totais da semente (4,65%), cinzas da semente (1,16%) e umidade da semente (41,22%), vale ressaltar que o mesmo não foi previamente seco, por isso as porcentagens aparecem distintas da mostrada na Tabela 1.

As fibras dietéticas do bacupari variaram de 15 a 16 g/100g (p.s.; peso seco) (vide Tabela 1), dessa maneira, de acordo com o Regulamento Técnico de Informação Nutricional dos Alimentos da Anvisa (2012), as farinhas podem ser consideradas fontes de fibra desde que contenham no mínimo 6 g/100 g de fibra. Isso comprova que a farinha, tanto de casca, semente ou polpa de bacupari são ótimas recomendações diárias para o consumo de fibras em um adulto saudável, tendo em vista que conforme o Instituto de Medicina (2005), o DRI (Dietary Reference Intakes – Consumo Dietético de Referência) é de 25 a 30g de fibras diárias.

Conforme pesquisa de Soliman (2019), as fibras alimentares são um grupo complexo de carboidratos e lignina, que é um componente não digerível, presente na parede celular de frutas, vegetais, sementes, nozes e entre outros alimentos. Elas desempenham um papel crucial para a

manutenção da saúde humana, muito porque elas previnem constipação, devido aumento do trânsito intestinal e auxiliam na absorção de gorduras e colesteróis da dieta, evitando assim, doenças cardiovasculares e até mesmo a aterosclerose.

3.4. Compostos Bioativos do bacupari

Estudos farmacológicos sobre os compostos secundários de plantas alimentares, especialmente as que são tradicionalmente usadas tanto com propósito alimentar quanto medicinal, combinados à investigação de seus benefícios saudáveis tem trazido destaque para o campo da etnofarmacologia (DOGARA *et al.*, 2022).

A família Clusiacea apresenta biflavonoides agrupados em quatro tipos principais: (flavanona-(3→8'')-flavanonol), (flavanona-(3→8'')-flavanona), morelloflavona (flavanona-(3→8'')-flavona) e amentoflavona (flavona-(3'→8'')-flavona) (FERREIRA *et al.*, 2012). O fruto de *Garcinia brasiliensis* em sua totalidade (casca, semente e polpa), demonstra em diversas pesquisas apresentar múltiplos desses compostos bioativos, que acarretam em uma infinidade de atividades biológicas.

Em estudos de Santa-Cecília *et al.* (2011), a casca da fruta de bacupari apresentaram sesquiterpenos (derivados fenólicos), já Gontijo *et al.*, 2012 a partir do extrato do pericarpo da fruta, encontrou biflavonoides. Para corroborar as pesquisas, de Melo *et al.*, (2022), apresentou em seus artigos, uma relação de compostos fenólicos e flavonoides tanto da polpa, quanto da casca e semente de bacupari. Saroni Arwa *e colaboradores* (2015), elucidaram biflavonoides presentes em galhos e folhas de bacupari e Pereira *et al.* (2010) revelou a presença de xantonas tetra-oxigenadas em extratos hexânicos dos pericarpos de *Garcinia brasiliensis* (Tabela 2).

Tabela 2 – Compostos secundários encontrados na *Garcinia brasiliensis*.

	Propriedades	Substância	Fração da Fruta	Autores
Sesquiterpenos Oxigenados (Óleos voláteis)	Anti-inflamatória Analgésica	γ -muuroleno	Casca	Abe <i>et al.</i> (2004)
	Antibacteriana Citotóxica	Espatulenol	Casca	Abe <i>et al.</i> (2004)
	Anti-inflamatória Analgésica	Cadineno	Casca	Abe <i>et al.</i> (2004)

	Atividade antifúngica e hepatoprotetora	Torreiol	Casca	Abe <i>et al.</i> (2004)
	Atividade antifúngica e hepatoprotetora	α -cadinol	Casca	Abe <i>et al.</i> (2004)
	Biomarcador em plantas superiores	Cadalenol	Casca	Santa – Cecília <i>et al.</i> (2011)
	Não identificado	γ -cadineno	Casca	Santa – Cecília <i>et al.</i> (2011)
Biflavonoides	Atividade antimicrobiana	Procianidina	Folha	Arwa <i>et al.</i> (2015)
	Atividade leishmanicida, antiproteolítica e antioxidante	Fukugetin	Folha	Arwa <i>et al.</i> (2015)
	Atividade leishmanicida, antiproteolítica, antioxidante e vasodilatadora	Volkensiflavona	Folha/ Semente	Botta <i>et al.</i> (1984)
	Atividade antiviral, antifúngica, antioxidante e anti-inflamatória	Amentoflavona	Folha/ Semente	Arwa <i>et al.</i> (2015)
	Inibição do crescimento de insetos	Podocarpusflavona A	Folha	Arwa <i>et al.</i> (2015)
Benzofenonas	Efeito antinociceptivo	7-epi-clusianona	Casca/ Pericarpo	Moreira <i>et al.</i> (2018)

Atividade antioxidante	Garciniafenona	Pericarpo/ Semente	Gontijo <i>et al.</i> (2012)
Atividade antioxidante e antimicrobiana	Uttiferona-A	Pericarpo	Gontijo <i>et al.</i> (2012)
Inibição de proteínas convertases (anti-tumoral, antifúngica, antibacteriana, antiviral)	Moreloflavona - 7,4',7'',3''',4''''-penta- O – acetil	Pericarpo/ Polpa/ Folha	Martins <i>et al.</i> (2008)/ Gontijo <i>et al.</i> (2012)/ Souza <i>et al.</i> (2021)

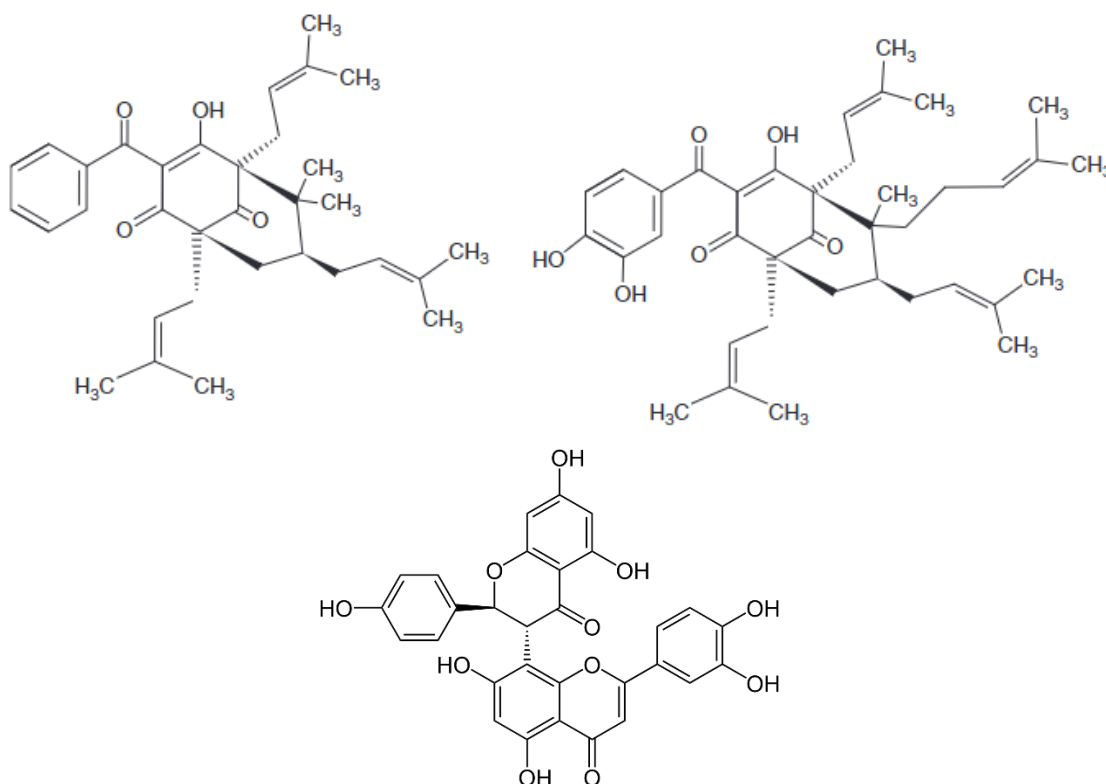
Referências: (BOTTA *et al.*, 1984); (ABE *et al.*, 2004); (Anti-inflammatory and antinociceptive effects of *Garcinia brasiliensis* SANTA-CECÍLIA *et al.*, 2011); (MARTINS *et al.*, 2008); (GONTIJO *et al.*, 2012); (SARONI ARWA *et al.*, 2015); (MOREIRA *et al.*, 2018); (DE SOUZA *et al.*, 2021).

Alguns alimentos, ou até mesmo fatores internos (metabolismo celular) e externos (tabagismo, poluição do ar) contribuem para o estresse oxidativo, dessa maneira, os antioxidantes são moléculas que estabilizam os radicais livres causadores do estresse. O consumo de alimentos ou nutracêuticos podem ser uma estratégia promissora para a modulação dietética benéfica do ecossistema intestinal, que podem atuar individualmente ou sinergicamente na eliminação de radicais livres ou no processo inflamatório (ARAÚJO *et al.*, 2019). Assim sendo, os compostos fenólicos são importantes antioxidantes naturais que compreendem uma classe complexa de mais de 8000 compostos (DA SILVA *et al.*, 2022).

Naldoni *et al.*, (2009) realizou a extração e isolamento de determinados compostos (7-epiclusianona e guttiferona – A) do pericarpo e semente (Figura 4), que em outras pesquisas mostraram-se significativos, bem como testou o efeito antimicrobiano dos extratos produzidos. Outro composto recém descoberto na *Garcinia brasiliensis* (GONTIJO *et al.*, 2012), mas presente em boa parte do gênero *Garcinia*, é a moreloflavona, que consiste no primeiro biflavonoide conhecido do tipo flavanona - (3→8'')-flavona, sendo a mesma, isolada a partir das sementes de *G. morella* em 1967 (WU *et al.*, 2019). A moreloflavona é uma mistura atropoisômera, ou seja, apresenta uma complexidade espectral à temperatura ambiente, e isso acontece devido a barreira rotacional em torno da ligação (C3→C8'') entre as unidades

flavanona e flavona. Tais compostos se mostraram promissores, apresentando atividade analgésica, anti-inflamatórias e vantagens farmacocinéticas (maior disponibilidade de metabólitos) (CASTARDO *et al.*, 2008; ANILKUMAR *et al.*, 2023).

Figura 4 – Estrutura química da 7-epiclusianona, guttiferona – A e morelloflavona, respectivamente.



Legenda: A – Estrutura Molecular de 7-epiclusianona; B – guttiferona – A; C – Morelloflavona.
Fonte: (NALDONI *et al.*, 2009); (GONTIJO *et al.*, 2012).

Não obstante, os flavonoides são um grande grupo de metabólitos secundários que fazem parte da classe dos polifenóis, os quais são componentes de baixa massa molecular encontrados em espécies vegetais. Diferentes classes compõem esse grupo, entre elas: as chalconas, flavonas, flavanonas, flavonóis, di-hidroflavonóis (flavononois), isoflavonas, antocianinas, antocianidinas, auronas, entre outras (SFORCIN, 2016; SU *et al.*, 2022). Ainda assim evidenciou-se que indivíduos que ingerem grandes quantidades de flavonoides, encontrados em alimentos de origem vegetal, como as verduras, frutas, chás, e de origem animal como o mel, apresentaram uma diminuição notável do risco de morte por acidentes cardiovasculares (infarto do miocárdio, trombose, derrame, entre outros) (ARAÚJO *et al.*, 2019; ZHAO *et al.*, 2017).

3.5. Atividade biológica e benefícios a saúde

Os frutos pertencentes da família Clusiaceae são conhecidos pela alta atividade antioxidante e com muitos efeitos benéficos. Assim, alguns achados recentes compreendem a identificação de fatores anti-inflamatórios e de potencial antinociceptivo, presente em extrato etanólico de *Garcinia brasiliensis*, aos quais podem ser atribuídos a compostos fenólicos, como: fukugisídeo, fukugetin A, guttiferona A e 7-epiclusianone (SANTA-CECÍLIA *et al.*, 2012).

O bacupari (*Garcinia brasiliensis*) apresenta derivados fenólicos (sesquiterpenos) oxigenados e prenilados, alguns destes exibindo várias atividades biológicas, tais como, antifúngicos, anti-inflamatórios e antioxidantes. Além disso, os biflavonoides têm despertado o interesse devido à frequência e abundância com que são encontrados neste gênero e cuja diversidade estrutural é devida, principalmente, aos diferentes padrões de hidroxilação, glicosilação, metoxilação e sulfatação. A ocorrência destes metabólitos foi registrada em 32 espécies do gênero *Garcinia*, totalizando cerca de 36 biflavonoides, e na espécie em questão, foram encontrados os flavonoides, moreloflavona e volkensiflavona (FERREIRA *et al.*, 2012).

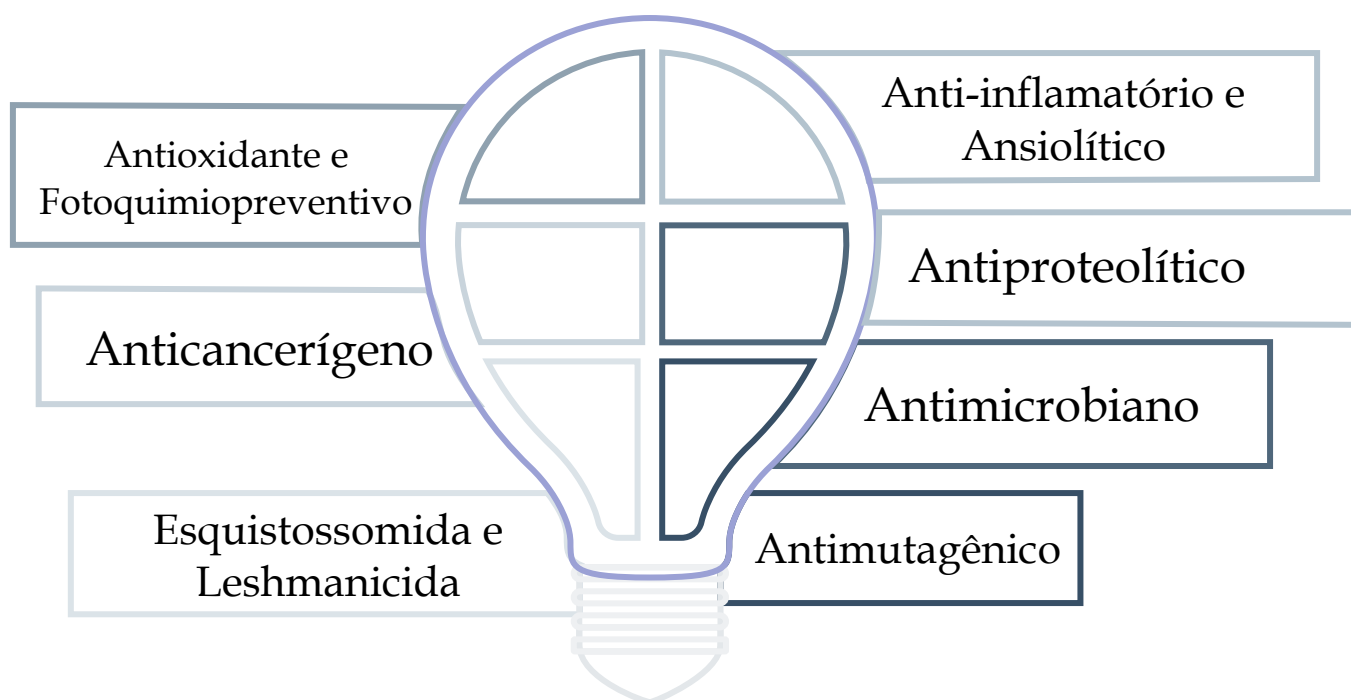
Segundo Gontijo *et al.* (2012), compostos isolados de extrato de etila demonstraram atividades leishmanicida, antiproteolítica e antioxidante, além de baixa citotoxicidade em modelos *in vitro*, destacando ainda, extratos hexânicos, os quais possuem atividades leishmanicidas relevantes e fornecem compostos potenciais para o desenvolvimento de novos fármacos contra a leishmaniose.

Um novo estudo realizado por Moreira *et al.* (2018) apresenta a casca da fruta, como potencialidade para aplicação no tratamento da lipogênese hepática e na progressão da doença hepática gordurosa não alcoólica, testado inicialmente em ratos Wistar. Além disso, Figueiredo *et al.* (2014) realizaram um estudo a partir do extrato da casca do bacupari, e descobriram a capacidade de atuar como foto-hemopreventivo, sendo capaz de absorver a radiação ultravioleta, para corroborar a pesquisa, (CASTRO *et al.*, 2019) também apontou essa mesma capacidade, sendo um agente natural da proteção solar.

Araújo *et al.* (2019), trouxe funcionalidades novas para o extrato etanólico da casca do bacupari, investigando os potenciais benefícios deste, o qual contém alta concentração de 7-epiclusianona e moreloflavona e acaba exercendo efeitos antiobesidade e também efeitos protetores contra a doença hepática gordurosa não alcoólica, revelando ser uma estratégia promissora para a modulação do ecossistema intestinal.

Alguns estudos mais antigos, já haviam determinado atividades muito importantes do bacupari, como estudos in vivo demonstraram que a planta contém fukugetina e fukugisida, 7-epiclusianona e ácido kójico, que são associados a atividades anti-inflamatórias em ratos (SANTA-CECÍLIA *et al.*, 2011), assim como os derivados oxigenados e prenilados do fenol, incluindo xantonas e gutiferas, que são responsáveis por atividades anti-HIV (MARTINS *et al.*, 2009), anti-ulcerosas, anti-inflamatórias (SANTA-CECÍLIA *et al.*, 2011) antibacterianas (NALDONI *et al.*, 2009), anti-fúngica (ZAN *et al.*, 2018), ansiolíticas (VELOSO *et al.*, 2018), esquistossomose (CASTRO *et al.*, 2015), ateroscleróticas, anti-tumor (IONTA *et al.*, 2015), e imunomodulatórias (PICCINELLI *et al.*, 2005; MOREIRA *et al.*, 2017).

Figura 5 – Bioatividades do Bacupari.



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2022).

Uma das formas de maximizar as ações benéficas advindas dos bioativos, são as novas tecnologias advindas da farmácia, as quais podem ser empregadas e que estão ligadas ao processo de encapsulamento do composto de interesse, sendo uma alternativa viável a ser utilizadas em boa parte dos frutos amazônicos. Dessa maneira, avaliar as técnicas de microencapsulação, bem como analisar o material utilizado, como por exemplo, avaliar microestrutura e morfologia, deposição do material de parede ao redor do recheio, rendimento e integridade são alguns dos testes que devem ser verificados para que se obtenha um produto de alto valor agregado (LIMA *et al.*, 2019).

3.6. Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante apresenta uma ampla definição, todavia, é entendida como qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação desse substrato de maneira que seja eficaz (UDDANDRAO *et al.*, 2016).

Os compostos bioativos são expressivos antioxidantes que complementam e potencializam as funções de determinados compostos, como vitaminas e enzimas, protegendo o estresse oxidativo (MELO *et al.*, 2021). Assim, apesar de haver algumas pesquisas voltadas para ações farmacológicas e atividades específicas, ainda são necessários estudos voltados para incorporação do mesmo na área de alimentos. Isso porque a indústria de alimentos, utiliza antioxidantes para evitar a deterioração e manutenção dos valores nutricionais dos produtos, preservação da matéria-prima, bem como utiliza em produtos cárneos, em que seu principal problema é a oxidação, quanto à deterioração (CAVALCANTE *et al.*, 2019).

Além da aplicabilidade na indústria de alimentos, outro grande interesse é para área farmacêutica, quanto a colaboração na proteção do organismo contra os danos causados pelas espécies reativas do oxigênio (ERO's) e doenças degenerativas (GÜLÇIN, 2012). Estas ERO's ocorrem naturalmente devido ao estresse ambiental, sendo perigoso, pois podem resultar em danos significativos às estruturas celulares, podendo desenvolver doenças como aterosclerose, doenças coronarianas, câncer e envelhecimento (LI *et al.*, 2008).

Os antioxidantes são populares pela atuação em diferentes níveis do processo de oxidação envolvendo moléculas de lipídeos. Segundo Augustyniak *et al.*, (2010), eles agem diminuindo a concentração de oxigênio, interceptando o oxigênio singlete; evitando a fase de iniciação da oxidação pelo sequestro de radicais hidroxila; quelando íons metálicos ou decompondo produtos primários a compostos que não são radicais.

Em estudos mais aprofundados de um compilado de dados sobre o bacupari, Melo *et al.*, (2021) destacou as propriedades fitoterápicas do fruto advindas das suas diversas partes (casca, semente, polpa) e salientando o comportamento antioxidante e anti-inflamatório em decorrência de suas propriedades bioativas. Propriedades estas representadas pela presença de grupos químicos como fenóis, flavonoides e outros, que normalmente apresentam efeitos benéficos à saúde humana.

Com o advento da procura de produtos e alimentos cada dia mais naturais, assim como a restrição em alguns países, e a fim de diminuir a inserção de antioxidantes sintéticos e diminuir os efeitos nocivos das ERO's, os antioxidantes naturais obtidos a partir de plantas e frutas se

mostraram como solução crucial, tendo em vista que a propriedade biológica das fontes naturais se dá pelos compostos fenólicos, que são metabólitos secundários amplamente encontrados em frutas e vegetais e são representados principalmente pelos flavonoides e ácidos fenólicos (GÜLÇİN, (2012); MELO *et al.*, (2021).

Estas substâncias exibem um amplo potencial antioxidante e pesquisas comprovaram que seu consumo regular tem alcançado notória importância, visto os resultados quanto a prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo (CAVALCANTE *et al.*, 2019). Tais compostos são capazes de cessar reações em cadeia de oxidação por doação de um átomo de hidrogênio ou quelantes de metais, agindo como agentes antioxidantes e redutores.

Ao longo do tempo, diversos estudos têm demonstrado que os compostos fenólicos presentes em plantas, exibem propriedades antioxidantes. Estes por sua vez, doam um elétron para o radical livre e os converte em molécula inócua, protegendo o corpo humano e desempenhando um papel crucial na manutenção da saúde humana (GÜLÇİN, 2012).

As atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas são as mais pesquisadas ao longo dos anos, tendo em vista, o conhecimento empírico dos povos antigos, bem como conhecimento popular passado de gerações (DE MELO *et al.*, 2014). Gontijo *et al.*, (2012) e Santa-Cecília *et al.*, (2011) evidenciaram em seus estudos, as mais diversas aplicabilidades, as quais apresentam promissora produção de cosméticos, devido seu potencial foto-hemopreventivo, assim como a redução de medidas biométricas no tratamento da lipogênese hepática e na progressão da doença hepática gordurosa não alcoólica (MOREIRA *et al.*, 2018).

Não obstante, mais pesquisas carecem de serem realizadas a respeito do uso do bacupari (*G. brasiliensis*) na área de ciência e tecnologia de alimentos, visto a necessidade do mercado de haver desenvolvimento de alimentos funcionais, bem como, dar destino aos subprodutos gerados no momento da manipulação (MOREIRA *et al.*, 2017).

3.7. Manejo do bacupari

A ascensão tecnológica aliada a Revolução Industrial proporcionou avanços do ramo da agricultura em todas as partes do mundo, evoluindo de sistemas familiares e de policulturas, para imensas monoculturas. A importância do agronegócio a nível mundial é indiscutível quando se trata do provimento de alimentos para a população, ou mesmo para manutenção da economia do país (FILIPPI *et al.*, 2020). Todavia, discute-se atualmente a maneira como este é cultivado e tratado, o que pode levar a graves problemas ambientais. A redução dos fatores

externos negativos é uma das estratégias discutidas como forma de reduzir problemas advindos da agricultura tradicional.

Os resíduos agroindustriais, em sua maioria, produzidos pelo aumento do consumo de frutos diversos tem se tornado um tema, cada vez mais preocupante para os ecologistas. Tudo isto em detrimento ao meio ambiente. Visando a resolução desse problema, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instaurada pela Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, o que despertou um grande interesse de empresários e pesquisadores em investir e estudar uma forma de uso adequado para esses resíduos.

O desenvolvimento na fase adulta de uma planta depende principalmente do cuidado na produção de mudas, bem como o tratamento do solo em que as mesmas serão plantadas e cuidadas. Mudas sem observância da qualidade podem resultar em árvores de características ruins, as quais comprometem a uniformidade do pomar (DEL CAMPO *et al.*, 2021). Dentre os fatores que podem afetar a qualidade das mudas estão: a semente, o substrato e o adubo utilizado, pois estes contribuem para melhor desenvolvimento e sanidade das mudas (YAMANISHI *et al.*, 2004).

Assim sendo, a produção de mudas que tenham qualidade, ou seja, que sejam frutíferas, ocorrem caso haja um volume e substrato adequados. Ainda assim, é de suma importância atestar sua qualidade para o consumidor final e isso se dá a partir da visualização do estado aparente ou ainda, por meio da avaliação nutricional ou fitossanitárias das mesmas (GROSSNICKLE; IVETIĆ, 2022). Uma muda de boa qualidade, com alto vigor e equilíbrio aspira a ter um bom pegamento e desempenho quando for plantada (LIMA *et al.*, 2016). Corroborando a produção de mudas de qualidade, Grossnickle & Ivetić, (2022), Mendes *et al.* (2021), de Mesquita *et al.* (2012) e Mendonça *et al.* (2003) destacam a utilização de um bom substrato que potencializa o crescimento das mudas, proporcionam melhores médias de características morfológicas e melhoram a sobrevivência das mesmas.

A adição de matéria orgânica na composição do substrato é um alicerce para melhorias na composição nutricional dos frutos, assim como, aeração e manutenção da umidade, como explicitado por de Mesquita *et al.* (2012), conseqüentemente, algumas pesquisas estão voltadas para a utilização de cama aviário, ao qual apresenta características efetivas, visto que é uma boa prática para manutenção da matéria orgânica, garantir qualidade na aeração e manutenção da umidade, bem como, distribuição adequada de nutrientes para as mudas, a exemplo, do pinhão manso ((TORRES *et al.*, 2011), bacurizinho rugoso (MENDES *et al.*, 2021) e açaí do Amazonas (MENDES *et al.*, 2014).

Destarte a essas informações, Marinho *e colaboradores* (2013) evidenciaram em sua pesquisa benefícios e atributos físicos do solo, levando em consideração a área inundável da floresta amazônica, a estrutura populacional e a distribuição de *Garcinia brasiliensis*. Tais peculiaridades mostraram ser influenciadas pelas variações na topografia local bem como apresentar estimativas de biomassa acima do solo, o qual resultam em uma maior densidade de indivíduos com grandes diâmetros, enquanto a maior idade e as baixas taxas de incremento encontradas refletem a alta densidade de sua madeira e um certo grau de adaptação à inundação períodica. Tal particularidade reflete em seu principal atributo, que é poder ser uma espécie clímax e tolerante ao sombreamento.

O destaque para os níveis de radia o fotossinteticamente ativa (RFA) podem refletir diretamente em estratégias e requerimentos ecológicos de cada espécie, ou seja, parâmetros de solo, exigências climáticas, sombreamento e limites altitudinais (MARINHO *et al.*, 2013). Conforme Swaine & Whitmore, (1988), em sua comparativa de exemplares vegetais, as espécies pioneiras apresentam madeira de baixa densidade, crescimento relativamente rápido e demandam de elevada radia o para se estabelecer, enquanto as espécies clímax, que é o caso da *Garcinia brasiliensis*, apresentam madeira densa, crescimento lento e podem ocorrer em áreas com dossel fechado e onde há uma baixa incidência de radia o solar no chão da floresta.

3.8. Ensaio de Citotoxicidade

Ao longo dos anos a humanidade se utiliza dos mais diversos compostos e principalmente, plantas e derivados para alcançar a cura e tratamento de enfermidades. Nos últimos 30 anos, a utiliza o de proveitos naturais como fonte de agentes anticancerígenos foi reconhecida pelo Instituto Nacional do Câncer, voltada na atualidade para abordagens em busca de potentes agentes para o tratamento do câncer em ensaios de citotoxicidade (FROTA *et al.*, 2019)

As plantas e frutas utilizadas com finalidade terapêutica são inúmeras, todavia, a maioria das espécies não foram totalmente estudadas, principalmente no que diz respeito aos subprodutos advindos das mesmas e aos seus compostos com efeitos citotóxicos, mutag nicos ou genotóxicos, os quais podem gerar danos   saúde humana, isso porque, plantas e frutas produzem substâncias químicas que, podem atuar beneficamente ou agirem de forma tóxica. Para que se saiba todo o delineamento farmacológico das mesmas, faz-se necessário que sejam estudadas como um todo, desde o ponto de vista químico, como farmacológico e toxicológico (RITTER *et al.*, 2002).

Conforme ABNT (2004) toxicidade é uma propriedade inerente à substância que causa efeitos nocivos aos organismos expostos, durante algum tempo, a uma concentração específica. Concomitante ao exposto, a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), juntamente com a Organização Mundial de Saúde (OMS) (2016), define citotoxicidade como um fenômeno da destruição de células alvo por células efetoras imunologicamente ativas.

A despeito disto, a realização de estudos que investiguem a atividade citotóxica e genotóxica de compostos naturais mostra-se importante a fim de se garantir uma maior segurança do uso de produtos advindos de plantas e frutas (FROTA *et al.*, 2019). Dessa maneira, a biocompatibilidade dos produtos desenvolvidos pode ser avaliada por testes *in vitro* e *in vivo*. Mesmo que os testes *in vitro* não poderem representar a situação real, eles podem promover alguns tipos de resultados preliminares relacionados à interação entre o material e o corpo biológico, de forma rápida e eficiente, minimizando a necessidade de testes em animais. Este teste de citotoxicidade *in vitro* é classificado na ISO 10993-1, como um teste de avaliação inicial que utiliza técnicas de cultura de células, sendo nesse caso, importante para delimitar características importantes das células (DAGUANO *et al.*, 2007).

Nos ensaios de citotoxicidade a taxa de crescimento e multiplicação é medida indiretamente por algum indicador de crescimento através da formação de coloração, sendo a intensidade da cor diretamente proporcional ao número de células presentes ((HOUGHTON *et al.*, 2007).

Ensaio como esses, são conhecidos como colorimétricos, dentre os quais pode-se citar o ensaio colorimétrico com sulforrodamina B (SRB), sendo utilizado para determinação da densidade de células, a partir da medição do teor de proteína celular. A SRB é um corante de proteína que se liga à resíduos de aminoácidos sob condições acídicas e que se dissociam em condições básicas. O ensaio se organiza em um método que não requer reagentes de alto custo e nem equipamentos mais sofisticados e permite que um número maior de substâncias seja testado em poucos dias (HENRIKSSON *et al.*, 2006).

4. METODOLOGIA

4.1. Material vegetal

As amostras de bacupari (*Garcinia brasiliensis*) *in natura*, foram adquiridas no estágio de maturação próprio para consumo, advindas do município de Autazes – AM, com localização de latitude $-3,57972^\circ$ e longitude $-59,13056^\circ$ a 90 metros do nível do mar. Para as análises foram colhidos 20 quilos de bacupari.

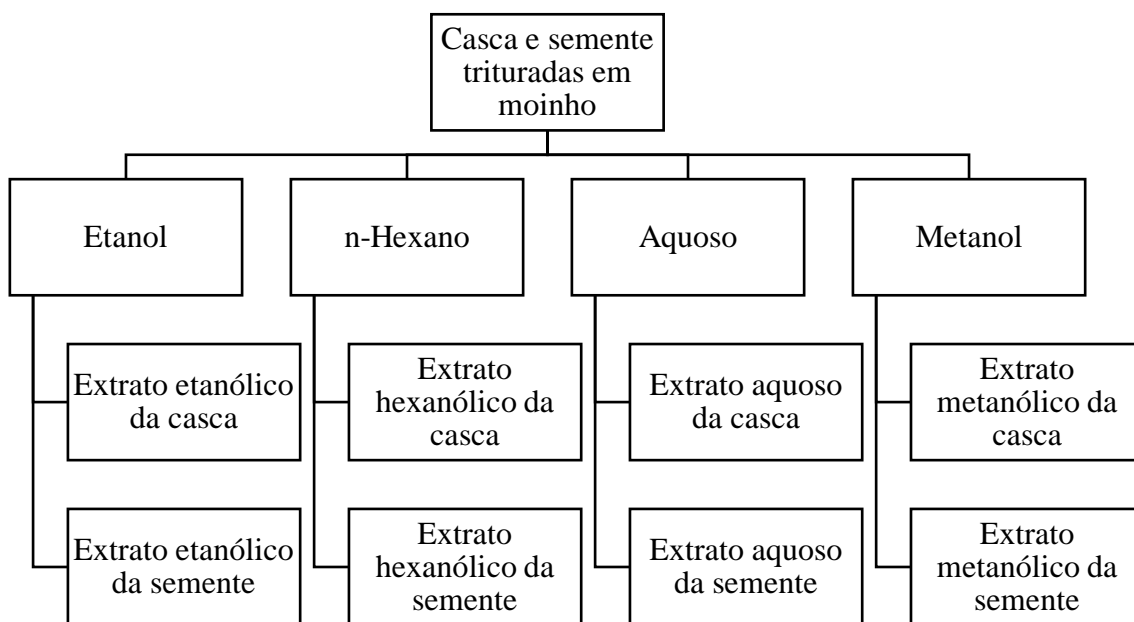
Após a seleção, os frutos sadios foram lavados em água corrente e higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm. As amostras foram cobertas com água, com cerca de 4 litros de água para cada 1 Kg, e acrescentado 4 mL de hipoclorito de sódio 100 ppm. Em seguida os frutos foram secos com auxílio de papel toalha e posteriormente descascados e despulpados manualmente. A casca e as sementes foram segregadas em sacos plásticos, devidamente identificadas. As sementes foram acondicionadas em embalagens de polietileno e congeladas à -10°C .

As sementes também passaram por higienização com hipoclorito de sódio a 100 ppm, e em seguida, foram enxaguadas e retirou-se a umidade externa com auxílio de papel toalha. Ambas as amostras foram desidratadas em estufa a 60°C durante 48 horas. Os materiais desidratados foram triturados em moinho de facas tipo Willey (MA880 – Marconi), acondicionado em embalagens poliméricas devidamente identificadas e armazenado a temperatura ambiente, até a extração do óleo.

4.2. Obtenção de extratos

A obtenção dos extratos foi determinada conforme Zan *et al.* (2018), as cascas e sementes de *G. brasiliensis* foram trituradas em moinho (MA880 – Marconi) e serão submetidas à extração por Agitador Mecânico (Dois modelos – Ultra Turrax Ika Alpax RW-20 digital e Agitador Microprocessado digital QUIMIS) utilizando 3 partes de solvente, 1:3 (p/v) sob contínua agitação durante 2 horas a 2000 rpm, com o uso de solventes extratores de diferentes polaridades: água, hexano P.A., metanol e etanol 95% (v/v). Os extratos foram levados a um evaporador rotativo com pressão reduzida (BUCHI® System – modelo R210), a temperaturas relativas conforme o solvente utilizado para extração. Posteriormente, os materiais obtidos foram armazenados em frascos âmbar, identificados e mantidos sob refrigeração até o momento das análises. Sendo assim, deverão ser obtidos para as análises posteriores os extratos aquosos da casca (EAC) e semente (EAS), hexânicos da casca (EHC) e semente (EHS), metanólicos da casca (EMC) e semente (EMS) e extratos etanólicos da casca (EEC) e semente (EES) de *Garcinia brasiliensis*.

Figura 6 – Fluxograma da obtenção dos extratos dos solventes.



Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

4.3. Caracterização química da farinha obtida a partir da casca e semente do bacupari

4.3.1. Determinação de Sólidos Solúveis (°Brix) e Índice de Refração

Os sólidos solúveis foram mensurados usando o refratômetro digital (Modelo HI 96822 - HANNA). A amostra quantidade de semente e casca foram maceradas e diluídas em 30 mL de água destilada e a quantidade do diluído foi correspondente para preencher a superfície do prisma em cada leitura. O índice de refração foi obtido e expresso em °Brix. O prisma do aparelho foi limpo com água destilada entre as leituras.

4.3.2. Determinação de pH

O pH da casca e semente do fruto triturado foi mensurado usando um pHmetro digital de bancada (Modelo PHS-3E-BI-SATRA). O equipamento foi calibrado com soluções tampão comercial em pH 7.0 e 4.0. A quantidade de 2 gramas de amostra foi macerada a frio e diluída em 30 mL de água destilada sobre agitação magnética, posteriormente, o eletrodo foi inserido e o valor foi anotado.

4.3.3. Determinação de Acidez Titulável

Foram utilizados cerca de 2 gramas de amostra maceradas a frio com 30 mL de água destilada, foi retirado 5 mL da amostra e colocado em um Erlenmeyer de 125 mL contendo 45

mL de água destilada. A titulação foi realizada com solução de NaOH 0.1M, 3 gotas de fenolftaleína foram adicionadas como indicador do ponto de virada. O volume de NaOH foi expressado em acidez em solução molar por cento v/m e o valor foi obtido pela seguinte equação:

$$AT = \frac{[V \times (f) \times 100]}{P \times c}$$

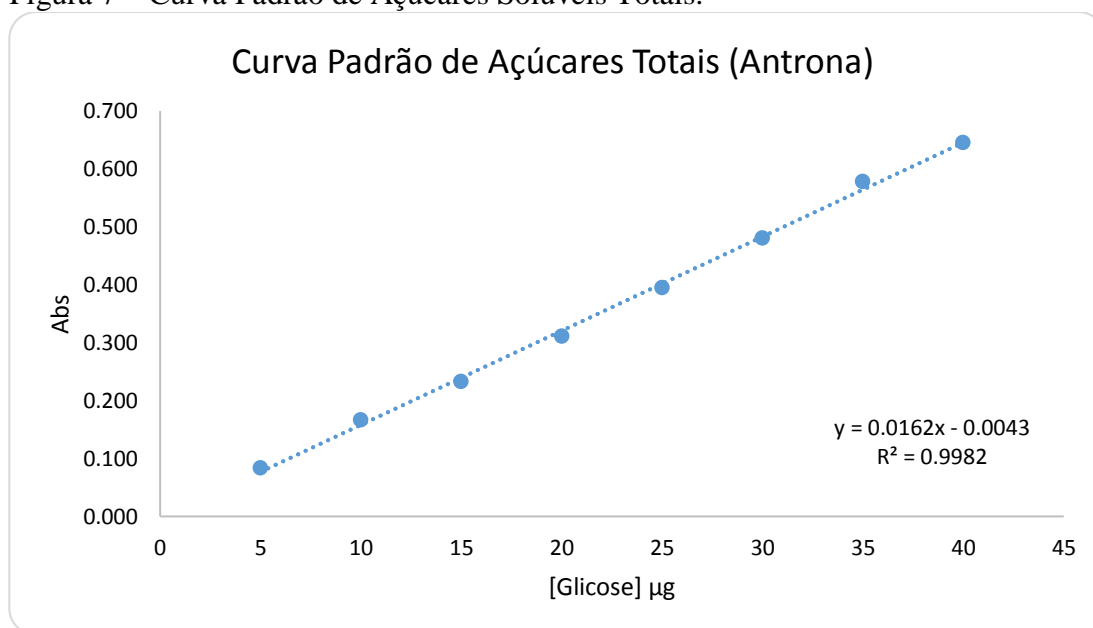
Onde, V é o volume de NaOH utilizado, m é a massa da amostra e f, é o fator de correção do NaOH, P é o número de grama da amostra utilizado, c é a correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M.

4.3.4. Determinação de Açúcares

4.3.4.1. Determinação de Açúcares Solúveis Totais

Os açúcares totais foram determinados pelo método de Antrona (LENG *et al.*, 2016). As extrações seguiram o fundamento utilizando álcool etílico 95%. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro digital UV-Vis (Modelo GTA-97) a um comprimento de onda de 620 nm, utilizando uma curva padrão de glicose (100µg/mL) de intervalo de 5 a 40 µg, e os resultados foram expressos em porcentagem (g/100g) para as farinhas de casca e semente.

Figura 7 – Curva Padrão de Açúcares Solúveis Totais.



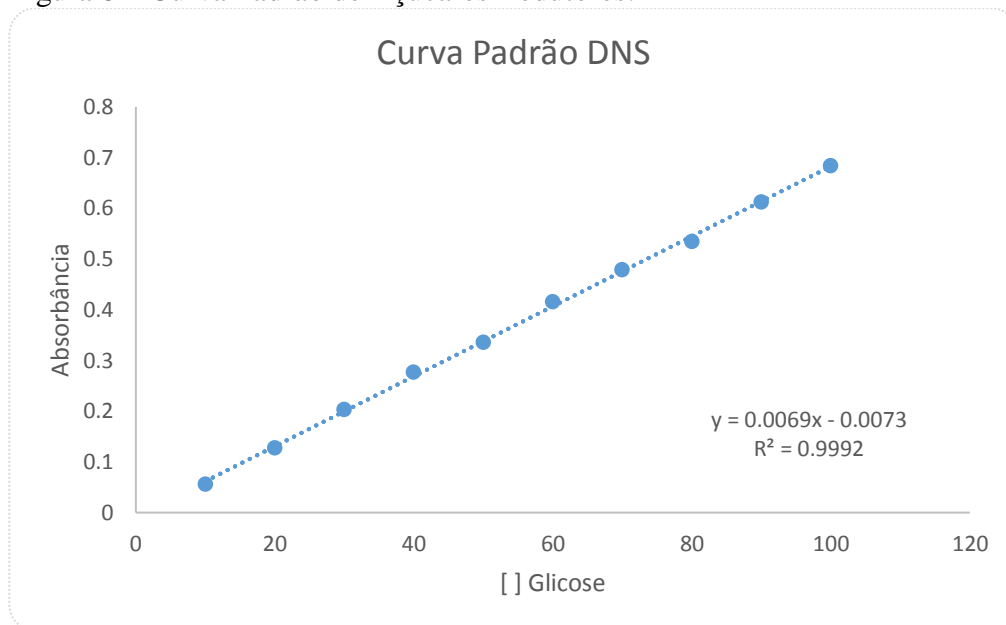
Fonte: Desenvolvido pelo autor (2023).

4.3.4.2. Determinação de Açúcares Redutores

As análises de açúcares redutores foram realizadas pela técnica de Miller (1959). As extrações foram feitas pelo método citado pela AOAC (2023). Foi determinada a curva padrão

de DNS (Figura 8), e utilizada as farinhas da casca e semente. Os açúcares foram quantificados em espectrofotometria a um comprimento de onda de 540 nm, utilizando uma curva padrão de glicose (100µg/mL) de intervalo de 0 - 140µL. Os resultados foram expressos em porcentagem (g/100g).

Figura 8 – Curva Padrão de Açúcares Redutores.



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2023).

4.3.4.3. Determinação de Açúcares Não-redutores

Os açúcares não redutores serão expressos pela diferença dos açúcares segundo a expressão: % AT em glicose = AR em glicose + ANR em sacarose (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2012).

4.3.5. Identificação de elementos químicos por FRX

O bacupari (casca) foi caracterizado por energia de fluorescência por Raio-X dispersível, do modelo EDX-720, utilizando um tubo de raios-X de ródio (Rh) com tensões de 20 keV (Na a Sc) e 40 keV (Ti a U) com corrente de tubo de 39 a 502 µA, collimator de 3 mm, tempo de integração real de 100s, tempo de motor do detector de 40 a 39%, sob vácuo e detector de Si (Li) resfriado com nitrogênio líquido, já o bacupari (semente), seguiu-se com tensões de 20 keV (Na a Sc) e 40 keV (Ti a U), com corrente de tubo de 469 a 730 µA, collimator de 10 mm, tempo de integração real de 100s, tempo de motor do detector de 39% e também sob vácuo e detector de Si (Li) resfriado com nitrogênio líquido. Ambos realizaram determinação para: K, Fe, Zn, Rb, Rh, P, S, Ca e Mn.

4.3.6. Composição Proximal

As quantidades de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos e parâmetros físico-químicos foram determinadas de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ, (2012). Os resultados foram determinados em matéria seca da semente e casca do fruto.

4.3.6.1. Determinação de gordura pelo Método de Bligh-Dyer

As análises foram feitas de acordo com o método desenvolvido por Bligh & Dyer (1959). Resumidamente, foi pesado 2g de amostra (casca e semente) em um tubo de ensaio rosqueável, e adicionado 5 mL de clorofórmio, 10 mL de metanol e 4 mL de água, tampado e homogeneizado em agitador rotativo por 1 minuto. Em seguida foi adicionado mais 5 mL de clorofórmio e agitado novamente por mais 1 minuto. Deixou-se separar naturalmente as camadas e foi retirado 5 mL da camada inferior de clorofórmio, posto em um béquer e levado a estufa de 110 °C até evaporação do solvente, foi resfriado em dessecador e pesado, seguindo para o cálculo.

$$\% \text{ lipídios totais} = \frac{P \times 4}{g} (100)$$

Onde, P é o peso dos lipídeos (em gramas) contidos em 5 mL; g: gramas de amostra.

4.3.6.2. Determinação de Lipídeos por Soxhlet

A determinação de lipídeos ocorreu por extração com solvente orgânico (éter de petróleo) com o auxílio de um aparelho extrator do tipo Soxhlet, segundo método da AOAC (2023), realizado em triplicata para cada amostra. Em resumo, foi pesado 3g em cartucho de Soxhlet e adicionado éter de petróleo até quantidade suficiente para um soxhlet e meio, mantido em aquecimento por 8h. Posteriormente a esse tempo, os cartuchos foram retirados, o éter foi destilado e os reboilers foram colocados em estufa a 105°C até peso constante, para posterior pesagem.

4.3.6.3. Determinação da Umidade

A umidade foi determinada segundo a técnica gravimétrica, utilizando calor em estufa ventilada à temperatura de 105°C, até a obtenção de peso constante, tanto da casca como da semente, segundo método do Instituto Adolfo Lutz, (2012). Em resumo, as amostras foram realizadas em triplicata, pesadas cerca de 3g para cada cadinho. Posteriormente foram colocados em estufa a 105°C, até alcançar peso constante, pesadas e realizado o cálculo da umidade.

4.3.6.4. Determinação de Cinzas

As cinzas foram determinadas segundo a técnica de resíduo por incineração, utilizando uma mufla aquecida a 550 °C, até ficar branca ou ligeiramente acinzentadas, foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e por fim pesada, segundo método do INSTITUTO ADOLFO LUTZ, (2012).

4.3.6.5. Determinação de Proteína Bruta

A determinação de protídios ou proteína bruta foi realizada a partir da determinação de nitrogênio, feita pelo processo de digestão Kjeldahl, segundo método do Instituto Adolfo Lutz (2012) para métodos físico-químicos em alimentos.

4.3.6.6. Determinação de Carboidratos

Será calculada a fração de carboidratos pela diferença segundo a equação: %F.G. = 100 – (%UMIDADE + %LIPÍDEOS + %PROTEÍNA BRUTA + %FRAÇÃO CINZAS), considerando a matéria integral.

4.4. Determinação de Carotenoides Totais

Os carotenoides totais das farinhas de semente e casca de bacupari foram extraídos e quantificados por meio do método de Rodriguez-Amaya (2010) com algumas modificações. No entanto, foram utilizados 2,5g de amostras de farinha de semente e casca de bacupari, ao qual foram misturadas com 20 mL de acetona gelada e agitadas vigorosamente em shaker por 20 minutos. O resíduo foi separado em papel filtro qualitativo com porosidade de 14 µm e lavados três vezes com acetona (20 mL). O filtrado foi transferido para um recipiente de 250 mL utilizando um funil de separação ao qual serão adicionados 30 mL de éter de petróleo e 100 mL de água. Após a separação de fases, a fase inferior contendo acetona e água foi descartada e lavou-se por mais três vezes. A camada total de éter de petróleo foi filtrada usando um papel de filtro com porosidade de 14 µm e o volume completado para 50 mL com éter de petróleo. As absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro digital UV-Vis (Modelo GTA-97) em 444, 450, 456, 462 e 470 nm para α-caroteno, β-caroteno, δ-caroteno, γ-caroteno e licopeno, respectivamente. Os resultados foram expressos em µg/100g do conteúdo total de carotenoides usando a seguinte equação.

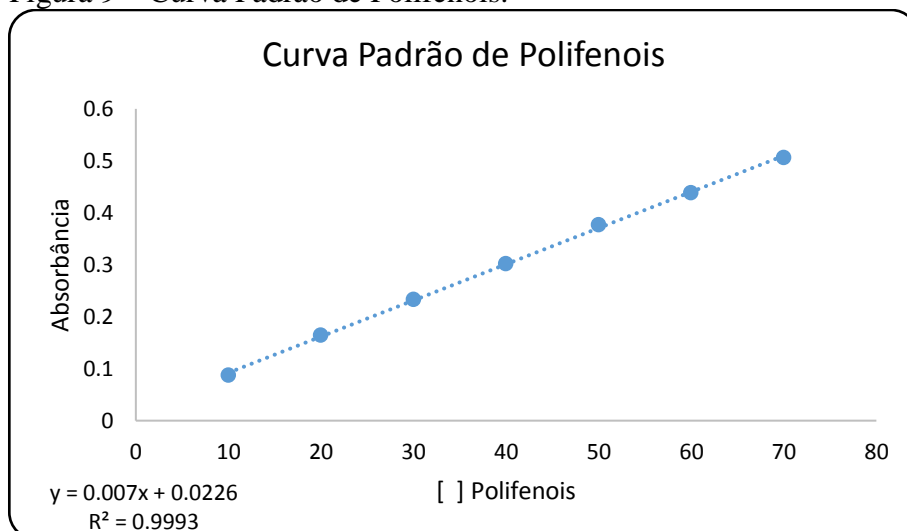
$$\text{Carotenoides Totais} = \frac{A \times V \times 10^4}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \times m}$$

Onde, C é o teor total de carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{g}$); A é a absorbância em cada comprimento de onda (444, 450, 456, 462 e 470 nm); V é o volume total da solução de extrato da amostra (mL); $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ é o coeficiente de absorção específico de determinados carotenoides (α -caroteno, β -caroteno, δ -caroteno, γ -caroteno e licopeno); m é o peso da amostra (g).

4.5. Determinação de Polifenóis da farinha e extrato de casca e semente do fruto

A determinação de polifenóis seguiu o descrito por Goldstein; Swain, (1963) com algumas modificações. Foram feitas três sucessivas extrações com metanol 80%. Na determinação foi utilizado Folin-Ciocalteu, conforme AOAC (2023) e posteriormente realizado uma leitura em espectrofotômetro a 620 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido tânico/100g de casca e semente.

Figura 9 – Curva Padrão de Polifenóis.



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2023).

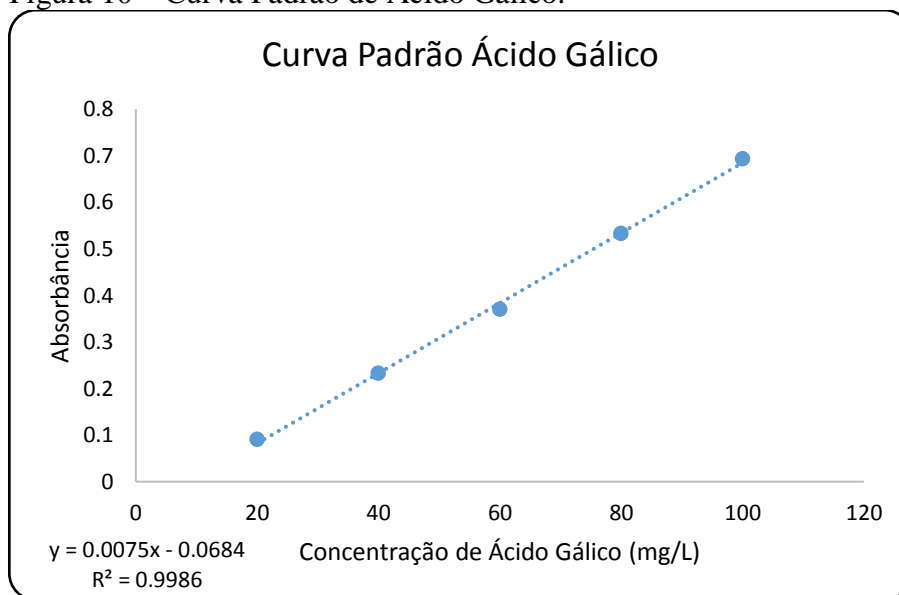
4.6. Extração de compostos fenólicos da farinha e extratos da casca e semente do fruto

Os extratos de compostos fenólicos foram obtidos pelo método implementado por An *et al.*, (2022) com algumas alterações. Foram utilizados 0,1g da casca e da semente de bacupari trituradas, ao qual foram misturados com 10 mL de metanol 80% (v/v) e submetidos a banho ultrassônico a 4°C por 30 minutos. A mistura foi centrifugada a 4000 rpm por 15 minutos e o sobrenadante coletado. O procedimento foi repetido por mais duas vezes e os sobrenadantes reunidos e filtrados em papel filtro com porosidade de 14 μm . Posteriormente, foi armazenado a -80°C até a análise.

4.7. Determinação de compostos fenólicos totais (CFT) da farinha e extratos da casca e semente do fruto

O conteúdo fenólico total foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu conforme descrito por Zitha *et al.* (2022), com algumas modificações. Foi determinada a curva padrão de Ácido Gálico (Figura 10), e utilizado as farinhas e os oito extratos já prontos. Uma alíquota de 0,25 mL de extrato foi misturada com 2,75 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (3%, v/v), agitado em misturador rotativo e deixado em repouso por 5 minutos. Após, foi acrescentado 0,25 mL de carbonato de sódio (10%, p/v), agitado e posto em incubação no escuro por 60 minutos. As absorbâncias foram medidas a 765 nm usando um espectofotômetro UV/vis. Os resultados foram estimados em miligramas equivalentes de ácido gálico por 100g de peso fresco de cada amostra (casca e semente) (mg GAE/100g FM).

Figura 10 – Curva Padrão de Ácido Gálico.



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2023).

4.8. Determinação da Atividade Antioxidante das farinhas e extratos da casca e semente do fruto

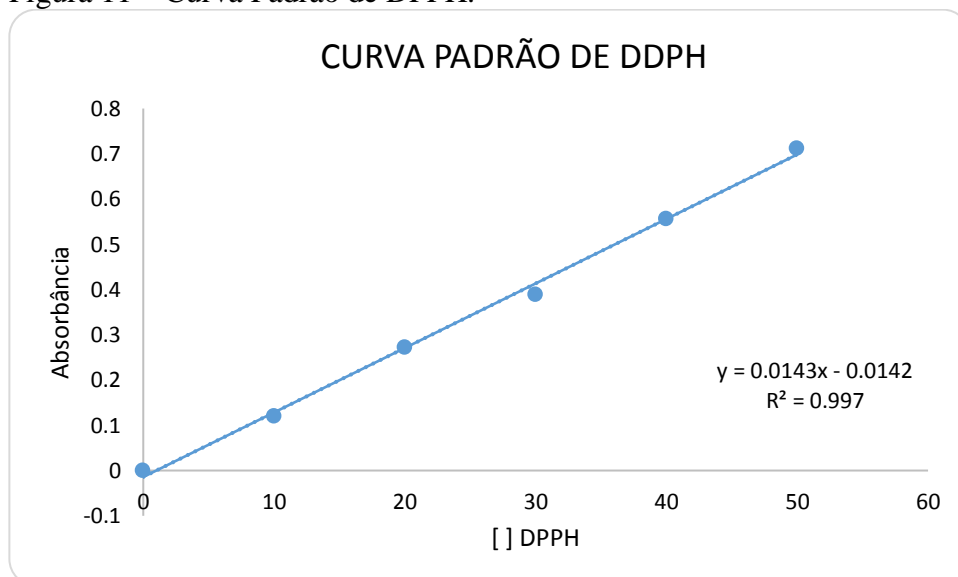
4.8.1. Determinação da atividade antioxidante por DPPH

A atividade antioxidante de DPPH foi realizada segundo implementado por Rufino *et al.*, (2007) com algumas alterações. Sintetizando, foi determinado a curva padrão de DPPH (Figura 11) a 0,06 mM, e utilizado os oito extratos já prontos, assim como foi determinado os extratos das farinhas da casca e semente. Foi utilizado 75 μ L de extrato e 2,925 mL de solução de DPPH em etanol (0,06 mM), foram misturados em tubos de ensaio. Após 30 minutos de incubação no escuro à temperatura ambiente, a absorbância foi avaliada em 515 nm utilizando

um espectrofotômetro digital UV-Vis (Modelo GTA-97). O cálculo de porcentagem de inibição do DPPH foi realizado com os valores de absorbância obtidos. Pode-se observar em que $Abs_{amostra}$ são os valores correspondentes às concentrações variadas dos extratos, $Abs_{controle}$ se refere à absorbância do controle e Abs_{branco} se refere à mistura de etanol e amostra de extrato sem o radical. Com esses valores obtidos e a curva construída (porcentagem de inibição vs concentração) é possível calcular a concentração inibitória 50% (CI50), ou seja, a concentração necessária para inibir 50% (EC₅₀) da concentração de DPPH

$$I(\%) = 100 - \left[\frac{(Abs_{Amostra} - Abs_{Branco}) \times 100}{Abs_{Controle}} \right]$$

Figura 11 – Curva Padrão de DPPH.



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2023).

4.9. Rendimento dos extratos

O rendimento (RE) foi calculado a partir da rotaevaporação (separação do solvente) dos extratos e os pesos dos balões volumétricos, previamente pesados. Os extratos passaram por evaporador rotativo com pressão reduzida (BUCHI® System – modelo R210) e posteriormente foram levados a estufa a 40°C, para evaporar os resquícios de solventes presentes (RODRIGUES *et al.*, 2011).

$$RE\% = \frac{PE\ seco}{PM\ seca} (x100)$$

Onde: RE: rendimento total do extrato; PE é peso seco do extrato (g) e PM é o peso da matéria seca (g).

4.10. Determinação dos compostos voláteis das farinhas do fruto

Os compostos voláteis foram extraídos pela técnica HS-SPME adaptado conforme (SOUZA *et al.*, 2021). As farinhas de casca e semente, e os extratos produzidos (10 mg) foram pesados e misturados a 0,1 ml de metanol HPLC, filtrados em filtro para seringa 0,22 μm , e transferidos para frascos de vidros de 2 mL (adequado para retenção de voláteis) (vials) que foram agitados continuamente por 10 min. O tempo de pré-acondicionamento dos analitos foi de 25 minutos. As amostras foram expostas ao headspace do frasco de vidro a 50 °C por 15 min, a seringa foi imediatamente levada ao injetor CG-MS, onde os compostos voláteis foram dessorvidos a 250 °C por 2 min, resultando em uma injeção sem divisão.

Um espectrômetro, CGMS-2010 Plus (Shimadzu) Tóquio, Japão com um detector seletivo de massa modelo QP2010 Plus foi usado para detectar os compostos voláteis. Uma coluna capilar de sílica fundida (30 m \times 0,25 mm e 0,25 μm de espessura) com 5% de difenil-, 95% de polímero polidimetilsiloxano (DB5) atuando como fase estacionária. Para melhor separação, estabeleceu-se um gradiente de temperatura na coluna iniciando a partir de 60 °C, com aumento de 3 °C por minuto até atingir a temperatura máxima de 270 °C. O gás de arraste foi o hélio e a vazão foi ajustada para 1,8 mL min⁻¹ para injeção splitless com pressão inicial de 100 KPa na coluna. As condições ajustadas no espectrômetro de massas (MS) foram: detector seletivo de massa operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura de 1000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos/s e filtro para a massa dos fragmentos detectados sendo 29 Da e 600 Da. Cada componente foi identificado comparando seus espectros de massa com informações já existentes presentes nos bancos de dados do espectrômetro (Willey229.lib e FFSC1.3.Lib) e no livro de identificação de componentes de Adams, (2007). Para comparação e cálculo dos índices, padrões dos alcanos saturados (C7-C30) (Supelco, Sigma-Aldrich, Bellefonte, PA, EUA) foram usados como referência para determinar o índice de retenção (IR).

4.11. Ensaio de toxicidade dos extratos

4.11.1. Manutenção das Linhagens

O ensaio de viabilidade celular seguiu o protocolo estabelecido pelo Instituto Gonçalo Moniz Fiocruz Bahia, intitulado “Ensaio de viabilidade celular – curva concentração resposta”. Foi realizado o cultivo das seguintes linhagens de células neoplásicas: HEPG2

(Hepatocarcinoma humano); HL60 (Leucemia mieloide), HCT116 (Carcinoma de colo retal); MRC5 (fibroblastos normais de pulmão humano); MCF7 (Carcinoma mamário); MK2 (Epitélio renal de macaco) e Cardiomiócito de rato. As linhagens celulares foram mantidas em meio enriquecido com soro fetal bovino 10% em uma incubadora de CO₂ até alcançarem o crescimento exponencial. Foram então divididas em alíquotas, para congelamento gradual e transferidas para contêiner de nitrogênio para estocagem. Para os testes, foram descongeladas rapidamente a 37°C até seu crescimento.

4.11.2. Determinação da atividade citotóxica dos extratos

O ensaio de AlamarBlue consiste em um método colorimétrico utilizado para investigar *in vitro* a citotoxicidade de vários compostos de teste e a proliferação de linhas celulares, ou seja, utilização para avaliação da viabilidade celular baseado na marcação de células previamente fixadas em placas de 96-poços (VOIGT, 2005). Neste estudo foram utilizadas sete linhagens celulares sendo: HEP-G2 (Hepatocarcinoma humano); HL-60 (Leucemia mieloide), HCT-116 (Carcinoma colorretal); MRC-5 (fibroblastos normais de pulmão); MCF-7 (Adenocarcinoma mamário) e H9C- 2 (Cardiomiócito de rato), adquiridas do banco da Fiocruz Gonçalo Moniz (Bahia). Esses ensaios foram realizados em parceria com a Profa. Dra. Milena Botelho Pereira Soares e Prof. Dr. Cássio Santana Meira, do Laboratório de Engenharia Tecidual e Imunofarmacologia do Instituto Gonçalo Moniz Fiocruz Bahia e Senai/Cimatec Bahia.

As células foram cultivadas em garrafa de cultura com meio DMEM alta glicose completo. Estas foram transferidas para placas de 96 poços na concentração celular de $0,7 \times 10^5$ células/poço. A placa foi então mantida em cultura por 24 h em incubadora a 37 °C (marca SANYO) com atmosfera de 5% de CO₂. Ao fim deste período, foram adicionadas as amostras nas concentrações 0.39, 0.78, 1.56, 3.12, 6.25, 12.5, 25 e 50 µg/mL e a placa permaneceu em cultura por 24 horas nas mesmas condições. O controle negativo recebeu no poço somente meio de cultura e como controle positivo de fármaco padrão de morte foi utilizado Doxorubicina na concentração de 5µM. Decorrido 24h de tratamento, foi acrescentado 20µL da solução de uso de Alamar Blue (solução estoque 10% -1:20 em meio de cultura com soro fetal bovino) em cada poço da placa. Após 3 h de metabolização de exposição ao Alamar Blue, a fluorescência foi medida usando-se um leitor de microplaca (marca Spectra Max 190) nas absorvâncias 570nm e 600nm.

Por último, foi calculada a média das leituras de densidade óptica de cada diluição e feita a comparação com a média do controle de células (100%), obtendo-se a % de sobrevivida

das células em cada diluição. Projetando-se em gráfico a % de sobrevivência em função da diluição do extrato obteve-se uma curva, na qual pode ser encontrado o índice de citotoxicidade (IC_{50%}) do material. IC_{50%} significa a concentração do extrato que lesa ou mata 50% da população celular no ensaio de citotoxicidade.

5. Análise Estatística

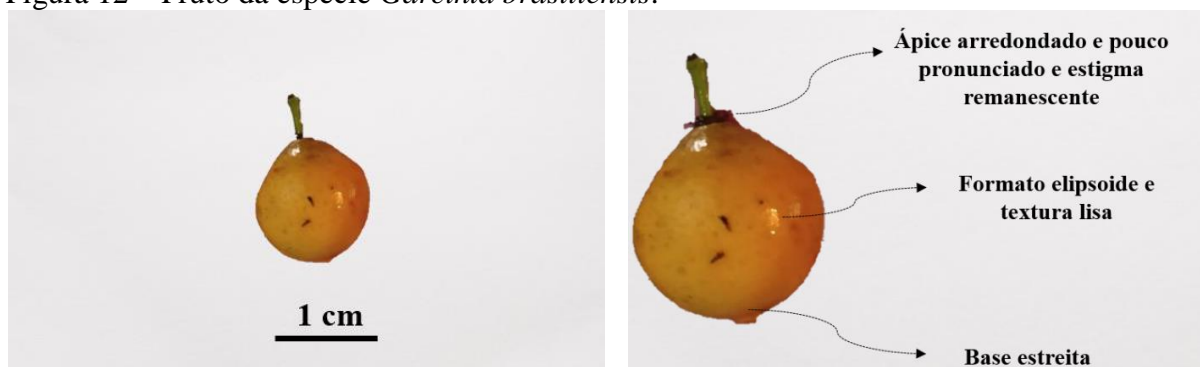
Todos os valores obtidos foram apresentados como sendo a média e seu desvio padrão. Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA), a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), sendo considerado significativo para todos os casos, seguindo as indicações de (BANZATTO; KRONKA, 2006). As correlações dos dados foram calculadas por meio da correlação de Pearson. Os cálculos estatísticos foram efetuados pelo programa Statistica 8.0, e para os resultados da atividade citotóxica os cálculos foram efetuados pelo programa GraphPad Prism 8.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Caracterização do fruto

Os bacuparizeiros são plantas apogâmicas, ou seja, a formação do embrião advém de uma célula vegetativa, caracterizando assim, as sementes do bacupari como agamospérmicas, sinônimo do termo apomixia, ao qual não há reprodução por gametas, garantindo de tal modo, que as espécies passem adiante traços fortuitos para a adequação evolucionária individual. Portanto, a árvore é semiapomítica, propagando-se por meio de sementes, possuindo uma baixa taxa de germinação e crescimento.

Figura 12 – Fruto da espécie *Garcinia brasiliensis*.



Fonte: Arquivo pessoal.

A descrição dos frutos da espécie *Garcinia brasiliensis* foi realizada com base na observação dos aspectos externos e internos do pericarpo (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), não estabelecendo a ontogenia do fruto, porém verificando quantidade de sementes e quantidade da polpa presente. Dessa maneira, os frutos exibiram tons de amarelo a alaranjado, com formato elipsoide e textura lisa, com ápice arredondado ou pouco pronunciado, coroado por estigma remanescente (Figura 12), uma base mais estreita, apresentando cerca de 2 até 4 sementes por fruto (MUNIZ, 2020).

6.2. Composição proximal, mineral e parâmetros físico-químicos

A composição nutricional e os aspectos físico-químicos do fruto *in natura* de *Garcinia brasiliensis* estão descritos na Tabela 3. Os subprodutos por terem sido previamente secos, apresentaram baixo teor de umidade, como observado 11,07% na casca e 9% na semente, ou seja, bem abaixo do limite de 15% estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, para a legislação de farinhas e farelos (BRASIL, 2005).

Algumas características são desejáveis para produtos secos, isso porque mantém a estabilidade durante o armazenamento, levando essa informação em consideração, o conteúdo

de cinzas, ou seja, o teor de mineral fixo nas amostras, apresentou resultados distintos quanto às farinhas da semente e casca, sendo o teor de minerais maior na casca do bacupari. Para o percentual de lipídios, apresentou-se maior nas sementes (12,81%), isso sendo explicado devido ao estágio de maturação dos frutos, em que o composto é a fonte de reserva nos cotilédones e são utilizados na germinação das sementes, dessa forma, em maior proporção nas sementes.

Os valores de proteína na amostra de farinha de casca foram maiores do que na amostra de farinha de semente. Sendo assim, os teores de proteínas e lipídios das farinhas de casca e semente de bacupari foram superiores aos discriminados na literatura para farinhas produzidas a partir de outros subprodutos de outras frutas, como açaí (LUCAS *et al.*, 2022) e buriti (RESENDE *et al.*, 2019) por exemplo. Dentro do Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional de Produtos Alimentícios discriminado pela Anvisa é estabelecido que o alimento deve conter no mínimo de 6g/100g de proteína em sua composição para que seja considerado fonte de proteína (BRASIL, 2012), o que corrobora para as farinhas em destaque.

A presença de carboidratos em ambas amostras de farinhas exibiu alta taxa, não havendo diferenças significativas para o teor dos mesmos, o que sugere um alto valor energético desses subprodutos, bem como que em sua composição pode haver um teor considerável de amido. Quando comparados aos resultados de DE MELO *et al.*, (2022), explicitados na Tabela 1, as faixas de valores corroboram ao encontrado nas amostras do presente estudo.

Tabela 3 – Composição Proximal e características físico-químicas da casca e semente de *Garcinia brasiliensis*.

Macronutrientes (g/100g)	Média ±DP (CASCA)	Média ±DP (SEMENTE)
Umidade	11,07% ± 0,07	9,0% ± 0,16
Cinzas	4,09% ± 0,002	0,83% ± 0,05
Lipídeos	5,15% ± 0,007	12,81% ± 0,09
Proteínas	15,74% ± 0,38	5,59% ± 0,53
Carboidratos	63,95% ± 0,1	71,77% ± 0,2
Sólidos solúveis (°Brix)	0,2 ± 0,1	0,63 ± 0,07
Acidez Titulável	3,37% ± 0,63	0,32% ± 0,09
pH	6,87 ± 0,065	3,21 ± 0,01

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Sabe-se, portanto, que o pH e mais precisamente a acidez dos alimentos são fatores determinantes para a multiplicação dos micro-organismos e que normalmente, bolores

suportam maiores variações de pH do que as leveduras, que por sua vez, suportam maiores variações desses valores que as bactérias (JAY *et al.*, 2005). Um meio de baixa acidez favorece a multiplicação bacteriana, em contrapartida, nos alimentos mais ácidos predomina o crescimento de bolores e leveduras, além disso, dentro da indústria alimentícia identificar os valores de pH do alimento direciona as reações químicas exigidas para a produção, devendo ser monitorados para inibir o crescimento de microrganismos patogênicos que podem causar a deterioração do alimento ou adversamente impactar o sabor e a qualidade do produto final.

As características físico-químicas de sólidos solúveis, pH e acidez titulável encontradas no bacupari (Tabela 3), foram 0,2 °Brix para sólidos solúveis, acidez titulável 3,37g/100g de ácido cítrico e pH 6,87 para a farinha da casca, enquanto que, para a farinha das sementes foram 0,63 °Brix de sólidos solúveis, acidez titulável 0,32g/100g de ácido cítrico e pH 3,21. Sabendo que há poucas pesquisas realizadas com o fruto em questão, não foram encontrados resultados de bacupari publicados que corroborassem com os resultados obtidos. Guimarães *et al.*, (2016), em contrapartida encontrou resultados para a polpa de bacupari como: 11,36 °Brix sólidos solúveis totais, 3,04 pH e acidez titulável 2,035g/100g de ácido cítrico, resultado próximo a acidez da semente descrita acima.

A correlação que existe entre o pH e a acidez estão diretamente relacionados às características sensoriais e a aceitabilidade apresentada nos alimentos. A variação do pH tem relação direta pela permanência e fidelidade do consumidor a certos produtos, isso acontece porque um produto que não se mantém estável quanto a esse parâmetro não apresenta características permanentes, além disso, pH e acidez ajudam a manter a estabilidade do aroma, bem como da flora microbiana, o que se pode inferir que o fruto apresenta característica ácida da semente a polpa e sua casca uma característica mais básica, devido o contato com o meio externo (REMENANT *et al.*, 2015).

A acidez titulável elevada presente na semente e na casca, pode significar a grande quantidade de polifenóis, tendo em vista que os mesmos possuem elevada acidez (FU *et al.*, 2019), e como já evidenciado por DE MELLO (2022); LAAKSONEN (2009) a presença desses compostos na polpa, semente e casca da fruta. Ainda segundo Marinho *et al.* (2013), o bacupari, presente na região Amazônica, encontra-se em sua maioria na região de várzea, o que valida ainda mais sua característica ácida. Quando se relaciona com frutos tropicais que são conhecidamente cítricos, como o limão, pH 3.03 e acidez titulável 2.7 g/100g de ácido cítrico (MARMITT *et al.*, 2016), e até mesmo a acerola com pH 3,18, e acidez titulável de 1,35 g/100g de ácido cítrico (NASSER *et al.*, 2018), ou mesmo de Souza Viana *et al.* (2021) que obteve pH

entre 3,19 a 3,21 e acidez titulável entre 1,30 a 156 g/100g de ácido málico, com as variantes genotípicas de acerola, a *Garcinia brasiliensis* apresenta características análogas a estes, recomendando que este fruto apresenta um perfil em potencial, podendo ser estimado como um fruto cítrico (TEMBO *et al.*, 2017).

Os sólidos solúveis contidos é o total de todos os sólidos dissolvidos na água, sendo eles açúcares, sais, proteínas, entre outros, dessa forma, a leitura do valor medido é a soma do total deles (CAVALCANTI; *et al.*, 2006). Assim sendo, o resultado do °Brix da casca é legítimo, isso porque segundo De Melo *et al.*, (2022) à medida que os frutos amadurecem, as tonalidades amareladas e avermelhadas de suas respectivas cascas tendem a se intensificar em decorrência do aumento substancial de seu teor de sólidos solúveis, esse processo ocorre lentamente até que o fruto fique parcialmente amarelo, todavia, quando o fruto começa a mudar de cor, com o início de sua senescência, os sólidos solúveis diminuem (Figura 9).

Corroborando com as análises físico-químicas, a tabela 4 delinea os valores de minerais presentes nas farinhas de casca e semente de *Garcinia brasiliensis*.

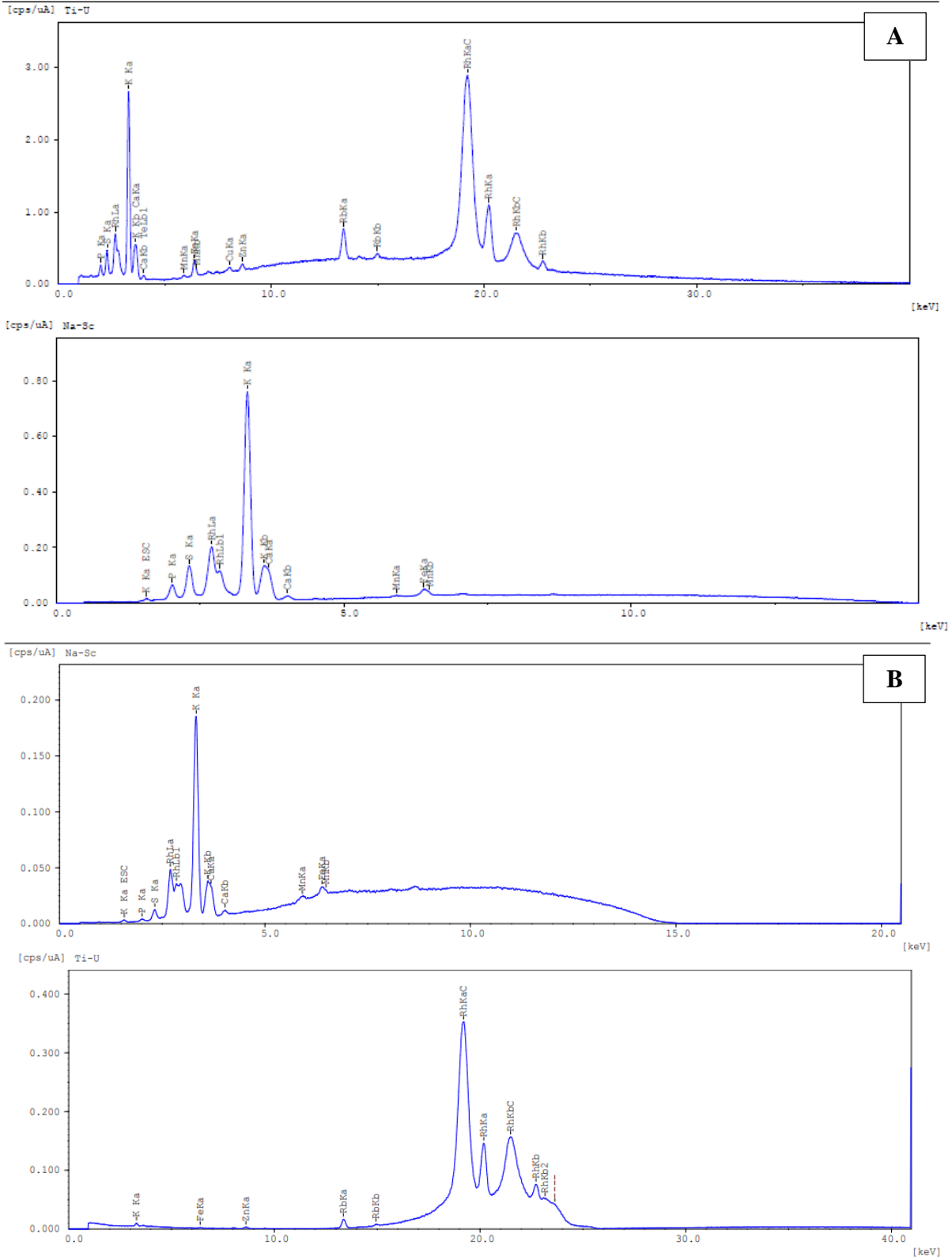
Tabela 4 – Composição mineral da casca e semente de *Garcinia brasiliensis*.

Minerais	Ca	P	Fe	Mn	Rb	K	S	Zn
Bacupari	17,264	2,86 ±	1,833 ±	0,361 ±	0,913 ±	72,758	3,320 ±	0,355 ±
(casca) %	± 0,15	0,069	0,105	0,096	0,035	± 0,31	0,033	0,053
Bacupari	0,66 ±	4,17 ±	2,32 ±	ND	1,08 ±	53,56	6,96 ±	1,23 ±
(semente) %	0,41	0,041	0,067		0,033	± 0,03	0,351	0,087

Legenda: ND – Não Detectável. Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2023).

As frutas são essenciais para compor a dieta humana, não só pela presença dos macronutrientes, mas também por conter micronutrientes, sendo responsáveis por contribuir nos valores de ingestão diária e auxílio na redução de doenças causadas pelo baixo consumo nutricional (OGUNLAJA *et al.*, 2020). Apesar dos valores obtidos pelo método de FRX serem representativos é possível inferir que a casca e semente de bacupari são capazes de contribuir com minerais como: manganês, cálcio, ferro, zinco e potássio.

Figura 14 – Gráfico de análise de FRX (Ti – U/ Na – Sc) das farinhas de casca e semente de *Garcinia brasiliensis*.



Legenda: **A** – Gráfico de FRX da farinha de casca de *Garcinia brasiliensis*. **B** – Gráfico de FRX da farinha de semente de *Garcinia brasiliensis*. Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2023).

O valor mais significativo é do mineral potássio em ambas as farinhas, e este dado agrega uma interessante característica a esse fruto, pois a ingestão de alimentos ricos em potássio é importante para o tratamento de pessoas com hipertensão, visto que o efeito anti-hipertensivo do potássio é dado por conta da sua indução da perda de água e sódio pelo corpo, assim como da supressão da secreção de renina e angiotensina, estímulo da atividade da bomba de sódio-potássio, entre outros (MONDÉJAR-PARREÑO *et al.*, 2021). Além disso, para ratificar ainda mais a evidência de um potencial uso para hipertensão, não houveram traços de valores de sódio encontrados, ou seja, são muito baixos para serem detectados e este fator favorece a potencial atividade hipotensiva associada a *Garcinia brasiliensis*.

Apesar do baixo teor de zinco, essa contribuição para o fornecimento do mineral é importante, visto que a deficiência de ingestão de zinco tem causado uma série de consequências clínicas, como atraso no crescimento de crianças, diarreia, maior susceptibilidade a pneumonia, distúrbios neurológicos e anormalidades no desenvolvimento fetal (HARA *et al.*, 2017). Outro mineral que apresenta destaque, em ambas as farinhas de bacupari, é o fósforo (P) que bem se sabe participa de processos vitais do organismo humano, sendo fundamental na estrutura das membranas biológicas, concedendo a característica anfipática dos lipídios que as constituem. Está presente na estrutura dos ácidos nucleicos responsáveis pelo armazenamento e transmissão das informações genéticas, assim como a tradução e expressão em proteínas (REYNOLDS, 2006).

Em termos funcionais, o mineral cálcio apresenta um papel fundamental para a saúde humana, sendo essencial sua ingestão a partir da alimentação. De acordo com a literatura (DÍAZ-TOCADOS *et al.*, 2022), o cálcio é responsável pela homeostase óssea, juntamente com a vitamina D, voltado para o aumento da densidade mineral óssea e potenciais benefícios para manutenção do cálcio sérico e formação óssea (WEI *et al.*, 2019).

6.3.Determinação de gorduras e Açúcares Totais, redutores e não redutores

A partir dos resultados encontrados na composição proximal é coerente destacar que a casca do bacupari é rica em amido, assim como proteínas e até mesmo minerais importantes como o potássio, dessa maneira, entender os fenótipos metabólicos durante os processos biológicos que acontece nos frutos, como por exemplo o seu amadurecimento é importante para compreender os mecanismos bioquímicos (WANG *et al.*, 2020).

Segundo estudos realizados por Huang *et al.*, (2020), a eficiência da extração do teor lipídico de matrizes alimentares pode ser afetada tanto pelo conteúdo lipídico quanto por suas estruturas físicas, além de que diferentes métodos de extração podem variar resultados, isso porque estudos anteriores sugeriram que o desempenho da extração favorece o método Bligh-Dyer quando uma amostra contém menos de 2% de substâncias lipídicas e quando o conteúdo da amostra excede 2% do peso total, o método de Bligh-Dyer torna-se insuficiente para a extração de glicídios (IVERSON *et al.*, 2001).

Tabela 5 – Resultado da quantidade de lipídeos e Açúcares presentes na casca e semente de *Garcinia brasiliensis*.

Amostra	Bligh-Dyer (% lipídeos totais)	Açúcares Redutores (g/100g)	Açúcares Não-Redutores (g/100g)	Açúcares Totais (g/100g)
Bacupari (casca) %	11,09±0,65	7,3±0,02	11,56±0,29	18,89±0,27
Bacupari (semente) %	17,70±0,49	6,65±0,65	1,72±0,51	8,38±1,07

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2023).

Assim sendo, o método de Bligh-Dyer para a amostra do estudo, rendeu uma porcentagem ainda maior, quando comparada ao método de Goldfish, utilizando calor, tendo como resultado, casca (11,09%) e semente (17,70%), observado na Tabela 5. Isso porque existem tipos de lipídeos diferentes e estes, se dissolvem bem em determinados solventes, por exemplo, os lipídeos apolares ou neutros se dissolvem bem em solventes orgânicos apolares. A mesma coisa acontece com os lipídeos polares, especialmente os fosfolipídeos, os quais se dissolvem em solvente polares, dessa maneira, uma mistura de solventes, suficientemente polar para remover os lipídios de sua associação com células, membranas e lipoproteínas, mas suficientemente apolares para dissolver os lipídios neutros, torna-se necessário para que se extraia lipídios de tecido biológico com eficiência (HUANG *et al.*, 2020).

A utilização de frações vegetais normalmente desprezadas, como cascas, sementes, talos e até mesmo folhas, podem ser aproveitadas para agregar valor econômico e ambiental, bem como interesse nutricional, por apresentarem quantidades significativas de fibras alimentares e açúcar natural, se tornam interessantes ao agronegócio da fruticultura, necessitando de investigação científica e tecnológica que possibilite sua utilização de forma eficiente, econômica e segura (SOUSA *et al.*, 2011).

Quando observado a quantidade de açúcares totais (Tabela 5) presentes nas farinhas de casca e semente de bacupari (*Garcinia brasiliensis*), tornam-se expressivos os resultados

obtidos na casca (18,89 g/100g), principalmente quando comparado a outras frutas, a exemplos das polpas de abacaxi (6,8 – 13,3 g/100g), caju (5,2 – 6,9 g/100g) e maracujá (2,7 – 7,3 g/100g) (PINHEIRO *et al.*, 2006), corroborando a isso, De Souza Viana *et al.*, (2013) destacou açúcares totais em variantes de abacaxi variando entre 9,13 – 15,23 g/100g e açúcares redutores de 5,12 g/100g, sendo o de bacupari (7,3 g/100g) em casca e (6,65 g/100g) em semente, de açúcares redutores. Semelhante a pesquisa de (Montenegro *et al.*, (2017) com polpas de bacuri (*Platonia insignis*), taperebá (*Spondia mombin*) e murici (*Byrsonima crassifolia*), os mesmos obtiveram açúcares redutores de 7,67 g/100g; 9,90 g/100g e 3,79 g/100g, respectivamente, sendo o bacuri da mesma família do bacupari, é esperado que os mesmos apresentassem resultados semelhantes, mesmo que em polpa e casca. Em frutas amazônicas, como bacaba e açaí, Neves *et al.*, (2015) destacou açúcares totais variando entre 1,86 – 1,89 g/100g em polpas de bacaba e 1,86 a 1,92 g/100g em polpas de açaí.

Não obstante os açúcares não redutores do presente estudo, aparecem em seguida, em percentual elevado, e novamente, apresentam-se expressivos na casca (11,01 g/100g), todavia, diferente da mesma, a semente (1,64 g/100g) exibiu uma porcentagem maior de açúcares redutores. Pinheiro *et al.*, (2006) revelou em polpas de caju cerca de 0,25 g/100 g de açúcares não redutores, bem como não foram detectados açúcares não redutores em polpas de abacaxi e maracujá. À vista disso, o emprego de cascas e sementes de bacupari podem ser benéficos para o desenvolvimento de produtos industriais alimentícios, sendo uma alternativa viável no aproveitamento de coprodutos gerados durante o beneficiamento da fruta.

6.4. Determinação de carotenoides

O grande destaque das frutas é o seu potencial antioxidante advindos dos mais diversos compostos bioativos, tendo como exemplo os carotenoides, segundo Ma *et al.*, (2018) o conteúdo e a composição dos carotenoides desempenham um papel importante na formação da cor dos frutos. Silva *et al.*, (2013) revelou em sua pesquisa com polpas de acerola a variabilidade da presença de β - caroteno e licopeno a partir de fatores como solo, clima, área de vegetação, cultivo, colheita, grau de maturação, entre outros quesitos que garantem a variabilidade dos compostos em questão para as mais diversas frutas, e destacou a presença de β - caroteno, variando entre 23,49 a 37,04 $\mu\text{g/g}^{-1}$ e licopeno, variando entre 1,05 a 2,70 $\mu\text{g/g}^{-1}$. Assim como Araújo *et al.*, (2007), que analisaram o teor de β -caroteno em polpa de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses e obtiveram os valores variando entre 1,48 a 5,34 mg/g^{-1} .

A prevalência de carotenoides presentes tanto na casca quanto na semente do fruto em estudo já era garantida, tendo em vista a coloração amarelada de destaque da casca e alaranjada presente nas sementes do fruto. Os carotenoides observados em maior porcentagem, como visto na tabela 6, presentes na casca do fruto foram α -caroteno (53,35 $\mu\text{g}/100\text{g}$), seguido do β -caroteno (52,16 $\mu\text{g}/100\text{g}$), com pouca variância entre ambos. Quando observado na farinha da semente, a presença de carotenoides, foram mais expressivas, obtendo maior quantidade também de α -caroteno (85,57 $\mu\text{g}/100\text{g}$) e β -caroteno (83,33 $\mu\text{g}/100\text{g}$).

Tabela 6 – Quantidade de carotenoides presentes na farinha de casca e semente de *Garcinia brasiliensis*.

Carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	α - caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	β - caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	γ - caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	δ - caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Licopeno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
FBC	53,39 \pm 0,40	52,20 \pm 0,36	36,03 \pm 0,30	36,89 \pm 0,28	31,67 \pm 0,29
FBS	85,61 \pm 0,18	83,96 \pm 0,23	59,91 \pm 0,29	60,86 \pm 0,30	49,07 \pm 0,23

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2023).

Os acessos de bacupari com os mais altos teores de diversos carotenoides representam uma fonte apreciável destes pigmentos, pois fontes ricas, como por exemplo, a goiaba (42,98 \pm 3,54 $\mu\text{g g}^{-1}$) (MÉLO *et al.*, 2006) e mamão (24,67 \pm 4,61 $\mu\text{g g}^{-1}$) (CARVALHO *et al.*, 2011) apresentam teores menores que os encontrados, o que faz do bacupari fonte apreciável destes importantes compostos, justificando ainda mais a seleção e multiplicação em grande escala, possibilitando um maior aproveitamento de seu potencial.

O bacupari (*G. brasiliensis*) exibe um valor expressivo de α -caroteno e β -caroteno, porém, não obstante quando comparado à manga. Considerando estudos recentes, Liang *et al.*, (2020) demonstram que a mesma apresenta uma expressiva porcentagem de carotenoides totais, principalmente α -caroteno e β -caroteno, e com destaque à sua casca (116,78 $\mu\text{g}/\text{g}^{-1}$), ao invés da polpa e (77,48 $\mu\text{g}/\text{g}^{-1}$), o que pode variar em diferentes cultivares, bem como em seu estágio de maturação, como visto por Ma *et al.*, (2018), conteúdo total de carotenoides na polpa em estágio totalmente maduro de duas cultivares ('Tainong 1' e 'Hongyu'), respectivamente, 177,16 $\mu\text{g}/\text{g}^{-1}$ e 36,24 $\mu\text{g}/\text{g}^{-1}$.

6.5. Rendimento dos extratos

O rendimento global de extração refere-se à quantidade máxima de extrato obtido de uma matriz sólida através de técnicas e parâmetros pré-definidos (SILVA *et al.*, 2021). A preparação dos extratos foi realizada a partir de extração sólido-líquido com o uso do

equipamento Turraz® e em contato direto com os solventes polares e apolares. Dessa maneira, a escolha dos solventes foi importante para traçar extremos, utilizando solventes apolares, como o hexano e solventes polares, como água, etanol e metanol.

Na tabela 7 é possível verificar o índice de polaridade de cada solvente, juntamente com seu rendimento. Dentro do grau de polaridades dos solventes existem inclusive é a escala de crescente de polaridades dos mesmos, dessa forma, cada solvente polar ou apolar, apresentam uma constante dielétrica que é uma medida da capacidade do solvente de isolar cargas opostas umas das outras. Corroborando ao explicitado acima, é possível inferir que a polaridade pode ser definida como a habilidade da molécula em participar de interações de todas espécies (por pontes de hidrogênio, interações do tipo dipolo e forças de dispersão) com outras moléculas polares (BARWICK, 1997).

Dessa forma, a variabilidade de solventes, utilizados no experimento, se dá pela capacidade de determinados compostos bioativos se ligarem com os referidos solventes, isso porque, a exemplo da água, que tem viscosidade e tensão superficial alta, características que normalmente não são desejadas na extração, uma vez que impedem a absorção do solvente nos sítios ativos da matriz, a mesma apresenta constante dielétrica e energia coesiva significativamente mais altas e dessa forma, as moléculas de água são fortemente ligadas aos componentes polares e extraíndo-os. Em contrapartida, os demais solventes apresentam a tensão superficial e viscosidade grandemente reduzidas quando comparadas com uma temperatura mais baixa, todavia, podem alcançar os sítios ativos dentro da matriz com maior facilidade solubilizando os solutos (MARKOM *et al.*, 2007).

Tabela 7 – Rendimento dos extratos obtidos a partir da farinha de casca e semente de *Garcinia brasiliensis*.

Extratos	EC	ES	MC	MS	HC	HS	AC*	AS*
Índice de Polaridade	4,3	4,3	5,1	5,1	0,1	0,1	10,2	10,2
Rendimento (%)	4,52± 0,03	1,28± 0,07	6,71± 0,32	2,45± 0,41	8,82± 0,2	1,37± 0,6	9,33± 0,21	10,8± 0,1

Legenda: EC – extrato etanólico casca; ES – extrato etanólico semente; MC – extrato metanólico casca; MS – extrato metanólico semente; HC – extrato hexanólico casca; HS – extrato hexanólico semente; AC – extrato aquoso casca; AS – extrato aquoso semente. ***Amostras não sofreram nenhum tratamento de evaporação.** Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2023).

Após a preparação dos extratos foi possível calcular os rendimentos dos processos de extração dos solventes utilizados (etanol, metanol, hexano e água). O exposto se apresenta na tabela 7, quando se observa que o maior rendimento após a rotaevaporação dos extratos, é o hexanólico casca (8,82%), seguido do metanólico casca (6,71%) e posteriormente do etanólico

casca (4,52%), destacando que os extratos realizados com sementes (2,45% a 1,28%), resultaram em rendimentos inferiores para os solventes. Em observação, os extratos aquosos não foram levados para rotaevaporação, e por isso, apresentaram maior rendimento que os demais solventes (9,33% e 10,8%).

Saroni Arwa *et al.*, (2015) utilizaram galhos e folhas de *G. brasiliensis* e realizaram em sua pesquisa uma associação de técnicas, extração por sonicação e maceração, além de extração sequencial com diferentes solventes de polaridades crescentes, o qual originaram rendimentos variados e que resultaram em uma rentabilidade maior na extração com solventes polares do que apolares, sugerindo maiores quantidades de metabólitos polares, o que observou-se em extratos hexanólicos de galhos (0,8%) e etanólicos (4,5%), este último, sendo próximo ao encontrado no presente estudo para extrato etanólico de casca (4,52%). Quanto aos extratos com folhas, Arwa *et al.*, (2015) obteve em extrato hexanólico (1%) e etanólico (5,2%).

Muito provavelmente este baixo resultado de rendimento do etanol em relação aos outros solventes, na extração por Turraz®, deve-se provavelmente a alta volatilização, que impediu que a maioria dos compostos existentes se ligassem ao mesmo. Portanto, para aplicação do etanol como solvente ser eficaz é necessária alta temperatura, próxima ao seu ponto de ebulição (78 °C), associada a uma metodologia de extração fechada, como por exemplo, o Soxhlet. O mesmo pensamento se aplica aos extratos realizados com a semente do fruto. Todavia, é notório que a presença de compostos fenólicos, polifenóis e a própria atividade antioxidante deu-se em extratos de semente, com destaque aos solventes etanol e hexano.

6.6. Determinação de Compostos Fenólicos, Polifenóis e Atividade Antioxidante

Na tabela 8, expressa em equivalente ao ácido gálico (AG), encontra-se a capacidade dos extratos e das farinhas na redução do reagente Folin-Ciocalteu, tanto de compostos fenólicos, quanto para polifenóis.

Observa-se que os teores de compostos fenólicos se sobressaem nos extratos produzidos, principalmente nos extratos etanólicos e hexanólicos (casca e semente). Nota-se, todavia, que o extrato etanólico de semente de *G. brasiliensis* apresentou melhor efeito redutor (2247,91 mg AG.g⁻¹), ou seja, um pouco mais de 2 vezes o valor encontrado na amostra de farinha da semente. O mesmo pode ser observado na presença de polifenóis, em que é perceptível o teor dos mesmos, no extrato etanólico de semente (969,1 mg/100g). No entanto, quando comparado ao demais teores, o extrato metanólico de semente extraiu maiores conteúdos de polifenóis (1702 mg/100g), quase 4 vezes a mais do teor de polifenóis da farinha de semente (462,0 mg/100g).

Tabela 8 – Determinação de compostos fenólicos, polifenóis e atividade antioxidante (DPPH) das farinhas e extratos de *G. brasiliensis*.

Amostra	CFT (AG mg. g ⁻¹)	Polifenóis (mg/100g)	% Sequestro do radical DPPH
FBC	1029,03±1,027 ^b	249,57±1,46 ^b	71,16±1,05 ^b
FBS	947,57±1,007 ^b	561,97±1,12 ^d	66,66±1,05 ^b
EMC	1034,22±1,001 ^b	808,6±1,01 ^c	69,98±0,48 ^b
EMS	1983,33±1,023 ^c	1702,9±1,07 ^f	76,14±0,41 ^c
EEC	1134,28±1,014 ^b	472,4±1,06 ^c	74,57±0,17 ^c
EES	2247,15±1,000 ^d	969,6±1,00 ^e	93,71±0,17 ^d
EHC	2001,51±1,001 ^c	713,9±1,06 ^c	72,80±1,03 ^b
EHS	2158,71±1,006 ^c	575,8±1,04 ^d	90,72±0,6 ^d
EAC	78,21±1,175 ^a	40,5±1,17 ^a	40,05±1,02 ^a
EAS	120,11±1,060 ^a	50,7±1,03 ^a	38,61±1,13 ^a

Nota: *Valores apresentados sendo a média e o \pm desvio padrão (n=3). Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Legenda: FBC – Farinha de bacupari casca; FBS – Farinha de bacupari semente; EMC – Extrato metanólico de casca; EMS – Extrato metanólico semente; EEC – Extrato etanólico casca; EES – Extrato etanólico semente; EHC – Extrato hexanólico casca; EHS – Extrato hexanólico semente; EAC – Extrato aquoso casca; EAS – Extrato aquoso semente. Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor (2023).

Os resultados deste método representam o indício de que a semente de *G. brasiliensis* se trata de um material com alta atividade antioxidante. Quando comparados os resultados com outros autores é possível ver semelhança quanto aos resultados de extratos aquosos de casca (EAC) e semente (EAS) obtidos por NAVES *et al.*, (2019), que alcançou um teor de fenólicos totais no extrato aquoso de casca ($82,82 \pm 6,5$ mg AG/g) e semente ($127,24 \pm 6,1$ mg AG/g), próximos aos que foram obtidos por este estudo, de casca e semente, respectivamente (78,21 e 120,11 mg AG/g).

Os compostos fenólicos, assim como polifenóis são encontrados em todas as partes dos vegetais, porém são distribuídos em quantidades diferentes em cada uma delas, o que pode ocasionar de haver variações em diferentes populações de uma mesma espécie. Sabe-se, contudo, que a variedade e o tipo de polifenóis alternam-se com o estágio de desenvolvimento da planta, grau de maturação, condições ambientais, manejo, solo, processamento e armazenamento da matéria-prima e conforme sua diversidade química, os compostos fenólicos apresentam uma variedade de funções nos vegetais (LAZZARI *et al.*, 2021).

Os subprodutos agroindustriais (casca e semente) apresentam maior potencial e melhores efeitos redutores, tendo em comparação ao que foi obtido por Infante *et al.*, (2013) em sua pesquisa com espécies de *Eugenia*, como a cerejeira, grumixaba, araçá piranga e pêssego do mato, os valores de compostos fenólicos obtidos variaram de 70,19; 73,25; 88,62; 100,29 mg AG/100g para amostras de casca, respectivamente, enquanto que os teores de sementes variaram de 11,34 a 120, 67 mg AG/100g. Já com subprodutos agroindustriais de abacaxi, maracujá, manga e caju, em outra pesquisa dos mesmos autores, obtiveram 2,40 a 10,67 mg AG/100g de compostos fenólicos advindos de matéria seca.

Em pesquisa realizada por Rufino *et al.*, (2010) para espécies de jambolão e murta, o teor de compostos fenólicos girou em torno de 11,17 e 20,55 mg AG/g, respectivamente. Tais frutas apresentam um alto potencial de aplicação em práticas econômicas e com consideráveis quantidades de antocianinas e atividade antioxidante, concomitante ao açaí, especiaria típica da Região Amazônica, que em estudos realizados por Kang *et al.*, (2012), obtiveram 32 mg AG/g de compostos fenólicos, que comparados aos resultados obtidos no presente estudo se mostram muito inferiores.

Os valores obtidos neste presente estudo, se mostraram superiores comparados a subprodutos de outras frutas nativas brasileiras, encontradas nas demais regiões. Todavia, quando comparado aos resultados obtidos com frutos do mesmo gênero, alguns passam a ser corroborativo, visto o encontrado por Naves *et al.*, (2019), em extrato etanólico de casca e semente de bacupari, respectivamente, 118,96 e 115,70 mg AG/100g. Acuña *et al.*, (2009) destacou que em *G. intermedia* o teor de compostos fenólicos foi de $476,9 \pm 40,8$ mg AG/g do extrato da fruta seca, enquanto a *G. mangostana* apresentou um teor de $263,3 \pm 6,4$ mg AG/g do extrato da fruta seca.

Melo *et al.*, (2022), encontrou para as farinhas de casca de frutos maduros de *G. brasiliensis* cerca de 7,26 mg AG/g e para semente 5,86 mg AG/g, resultado que apresentou diferenças significativas e substancialmente maior para a casca (20,12%). Sabendo dessa expressiva diferença encontrada entre autores, é notável destacar que essa diferença também pode ser atribuída a uma variedade de fatores genéticos e externos que influenciam a biossíntese de compostos fenólicos em frutas, como dito anteriormente (LAZZARI *et al.*, 2021).

Na tabela 8, é possível visualizar a porcentagem de sequestro do radical livre, e também acompanhar o IC₅₀ de cada amostra. O ensaio de captura do radical DPPH está entre os ensaios mais empregados na avaliação da atividade antioxidante. O método está baseado na transferência de elétrons, sendo a transferência de átomos de hidrogênio um mecanismo de

reação apenas uma via marginal no ensaio (DE OLIVEIRA *et al.*, 2009). Sabe-se que o reagente de DPPH é um radical estável de coloração roxa e solúvel em etanol, após reagir com antioxidantes, elétrons ou átomos de hidrogênio perde a cor roxa, tornando-se incolor ou cor levemente amarelada. O composto incolor formado também é chamado de 2,2-difenil-picrilhidrazila ou DPPH reduzido (SCHAICH *et al.*, 2015).

A taxa de sequestro do radical livre para os extratos que passaram por extração prévia ocorreu rapidamente nos primeiros minutos de reação, diferentemente das farinhas de casca e semente, que foram extraídos conforme Rufino *et al.*, (2007). Foram observados para os extratos EES, EHS e EMS os melhores valores de % sequestro do radical, $93,71 \pm 0,17$; $90,72 \pm 0,6$ e $76,14 \pm 0,41$, respectivamente, o que demonstrou alta atividade antioxidante, corroborando com os valores encontrados de compostos fenólicos encontrados nesses extratos.

As atividades antioxidantes de outras espécies de *Garcinia*, já foram publicadas, principalmente com destaque aos frutos e folhas. A aplicação da metodologia de captura do radical de DPPH foi utilizada por Farinazzi-Machado *et al.*, (2017), o qual utilizou polpa e folhas da fruta de *Garcinia cocchinchinensis* obtendo 90,6% e 64,4% para o fruto e a folha, respectivamente. É necessário destacar a diferença da realização dos métodos de extração, os quais influenciam diretamente nas porcentagens encontradas.

6.7. Compostos Voláteis

Os processos bioquímicos acontecem com o amadurecimento do fruto, isso porque este, inclui uma série de etapas, e os compostos são catabolizados ou sintetizados (NELSON; COX, 2004). Na caracterização química da *G. brasiliensis* detectou-se níveis significativos ($p < 0,05$) de polifenóis, compostos fenólicos e carotenoides, substâncias que apresentam atividade bioativas, também são responsáveis por influenciar o metabolismo de determinados compostos voláteis.

Souza *et al.*, (2021) enfatizou em seus estudos que os compostos voláteis se apresentam como de suma importância durante o processo de desenvolvimento do fruto, isso porque os mesmos facilitam a manutenção e perpetuação da espécie, além de ressaltar que a degradação e síntese de novos compostos voláteis aconteça ao final do processo do ciclo fisiológico.

O perfil volátil da farinha de casca e semente bacupari (*Garcinia brasiliensis*) foi ilustrado na Figura 14 e descrito na tabela 9 e 10. Foram visualizados 45 picos no cromatograma de cada amostra (casca e semente), porém foram identificadas apenas 15 compostos para a casca e 12 compostos para a semente, as quais foram classificadas quanto ao odor segundo o The Goods Cents Company®.

Alguns dos compostos que foram detectados e identificados são os seguintes: 3-Fenil-1,3-oxazetidin-2-ona; 2,2-Diidroxi-1-feniletanona; Acetofenona (cetonas); Ácido isopropoxicarbâmico; Éster metílico (éster); Ácido tiobenzoico; Ácido fenilacético; Ácido benzoico, ácido siríngico; Ácido fumárico; (ácidos carboxílicos); Tiazol; Naftaleno; Biciclo (2.2.1)hepta-2,5-dieno, 7-(1-metiletilideno) (alcanos).

Tabela 9 – Compostos identificados na farinha da casca de *Garcinia brasiliensis*.

ID	NOMENCLATURA IUPAC	ODOR
1	3-Fenil-1,3-oxazetidin-2-ona	Balsâmico
2	Ácido isopropoxicarbâmico	Não utilizado
3	1,3,5-Tri-O-benzoil-alfa-d-ribofuranose	Inodoro
4	Acetato de sódio	Inodoro
5	Ácido 2-bifenilacético	Mel
6	Ácido fenilglioixílico	Foto estabilizador e emoliente multifuncional
7	N-Sulfinilbutilamina	Amoniacal
8	Ácido benzoico	Balsâmico
9	(2Z,3E)-2,3-Bis[(benzoiloxi)imino]butanonitrila	Subst natural e extrativo
10	Difenilcarbodiimida	Herbal
11	2,6-Dimetil-5-dimetildodecilsililoxinon-1-en-3-ino	Canforado
12	2-etil-N-{3-[(2-etilhexanoil)amino]fenil} hexanamida	Floral
13	Ácido fumárico	Inodoro
14	2,2-Diidroxi-1-feniletanona (Benzoina)	Verde
15	Biciclo (2.2.1)hepta-2,5-dieno, 7-(1-metiletilideno)	Amadeirado

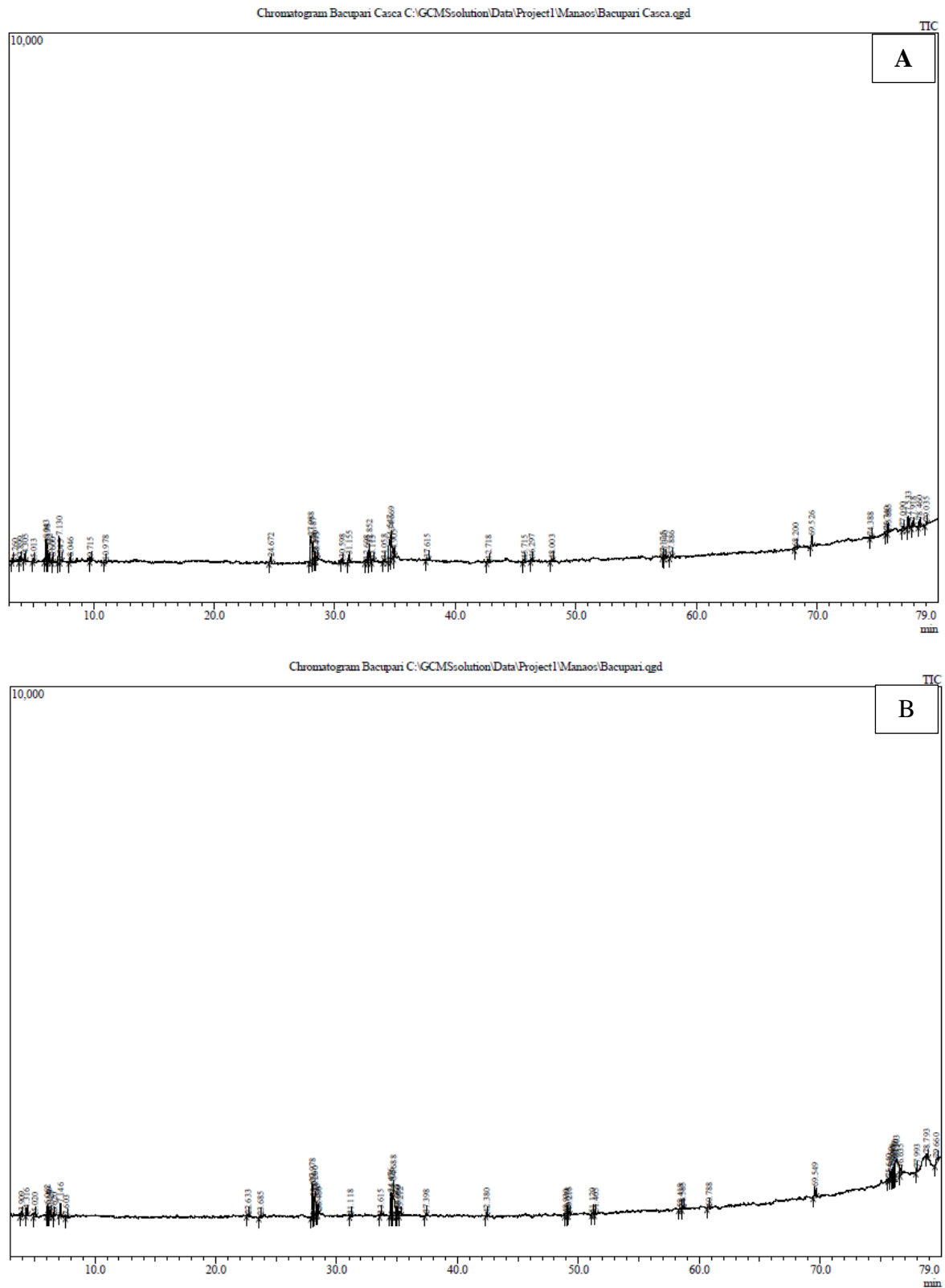
Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Tabela 10 - Compostos identificados na farinha da semente de *Garcinia brasiliensis*.

ID	NOMENCLATURA IUPAC	ODOR
1	3-Fenil-1,3-oxazetidin-2-ona	Balsâmico
2	Ácido isopropoxicarbâmico	Não utilizado
3	Ácido tiobenzoico	Não utilizado
4	Éster metílico	Floral
5	Ácido fenilacético	Mel
6	Acetofenona	Floral
7	Ácido benzoico	Balsâmico
8	(2Z,3E)-2,3-Bis[(benzoiloxi)imino]butanonitrila	Subst natural e extrativo
9	Biciclo (2.2.1)hepta-2,5-dieno, 7-(1-metiletilideno) (α -pineno)	Amadeirado
10	Tiazol	Piridina com nozes e carne
11	2,2-Diidroxi-1-feniletanona (Benzoina)	Verde
12	Naftaleno	Pungente seco

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor.

Figura 15 – Cromatogramas do fruto bacupari (*Garcinia brasiliensis*) por compostos voláteis obtidos por HS-SPME/CG-MS.



Fonte: Próprio autor. Legenda: A – Cromatograma da farinha de casca de bacupari. B – Cromatograma da farinha de semente de bacupari.

A presença de terpenos, especialmente o α -pineno (Biciclo (2.2.1)hepta-2,5-dieno, 7-(1-metiletilideno)), assim como o β -caroteno e o licopeno, podem atuar funcionalmente como antioxidantes e ajudar na proteção de lipídios, sangue e outros fluidos corporais do ataque de radicais livres por espécies reativas de oxigênio, grupos hidroxila, peróxidos e radicais superperóxidos (YUAN *et al.*, 2015).

De acordo com Aguiar *et al.*, (2019), alguns grupamentos como ésteres, álcoois, alcanos, aldeídos e monoterpenos, podem ser sintetizados pela degradação de ácidos graxos insaturados, e como já dito anteriormente, ocorrem na fase de maturação do fruto, ao qual se dá pela quebra de açúcares e lipídios. Se torna válido destacar que os compostos voláteis são liberados no tecido vegetal e corroboram para o sistema de defesa da planta, repelindo microorganismos e animais, assim como atuam atraindo predadores naturais da planta (DUDAREVA; NEGRE, 2005).

Outro destaque são os ácidos fenólicos, como por exemplo, o ácido benzoico, encontrado na farinha da casca e semente, ao qual age como sequestrador de radicais e algumas vezes como quelante de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo (SHAHIDI *et al.*, 1992). Na indústria de alimentos, a oxidação lipídica é inibida por sequestradores de radicais livres, neste caso, em sua maioria, são utilizados compostos sintéticos, como por exemplo, butil-hidroxi-anisol (BHA) e butil--hidroxi-tolueno (BHT), que conforme Soares, (2002), podem provocar futuros problemas de saúde, e dessa maneira, a utilização de antioxidantes naturais, aumentou no ramo.

Sabendo que diversos parâmetros de qualidade estão associados com a aceitação do fruto para o consumo, conhecer os compostos voláteis para a produção de novos produtos é determinante para o assentimento do fruto, sendo o aroma, fator determinante da qualidade e do seu preço no mercado. O conhecimento das rotas bioquímicas de geração dos compostos voláteis é de suma importância para a detecção dos aromas presentes nos frutos. Conforme Shi *et al.*, (2023), a partir de diversos precursores como aminoácidos, carotenoides, e lipídios, os compostos orgânicos voláteis podem ser sintetizados, todavia, embora algumas das rotas sintéticas sejam conhecidas, para a maioria dos compostos voláteis estes passos metabólicos permanecem desconhecidos.

6.8. Atividade Citotóxica

Sabendo do potencial quimiopreventivo dos constituintes da *G. brasiliensis*, foram realizados ensaios de atividade biológica com os extratos da *Garcinia brasiliensis* para avaliar seu potencial citotóxico *in vitro* frente às linhagens de células tumorais: HEP-G2

(Hepatocarcinoma humano), HL-60 (Leucemia mieloide), HCT-116 (Carcinoma colorretal), MCF-7 (Adenocarcinoma mamário) e H9C- 2 (Cardiomiócito de rato), revelando um considerável potencial citotóxico específico para extratos de semente (hexano e etanol), como evidenciado na Tabela 10.

Tabela 10 – Efeito citotóxico dos extratos obtidos de farinha de casca e semente de *G. brasiliensis* sobre linhagens de células tumorais e células normais (MCR-5).

Identificação	IC ₅₀ (µM)					
	HepG2	HL-60	HCT-116	MCF-7	MCR-5	H9C-2
EMC	>50	>50	>50	>50	>50	>50
EMS	15,24±1,52 ^a	22,54±2,97 ^a	14,7±0,31 ^a	37,12±2,67 ^b	39,88±4,77 ^b	32,42±3,17 ^b
EEC	>50	>50	>50	>50	>50	>50
EES	19,53±1,12 ^b	37,17±2,57 ^c	15,17±0,81 ^a	28,98±3,02 ^a	29,68±2,45 ^a	28,97±2,28 ^a
EHC	23,31±1,74 ^c	38,33±1,72 ^c	20,4±3,45 ^b	42,79±0,91 ^c	44,13±3,84 ^c	45,94±4,25 ^c
EHS	17,94±1,53 ^a	29,71±2,68 ^b	18,9±5,15 ^b	33,24±3,74 ^a	46,89±4,30 ^c	48,44±0,07 ^c
EAC	>50	>50	>50	>50	>50	>50
EAS	>50	>50	>50	>50	>50	>50
Doxorrubicina	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0

Os valores representam a média ± DP de 3 determinações obtidas em IC₅₀ independentes = concentração inibitória a 50% (µg/mL). Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p ≤ 0,05). DP = desvio padrão.

As culturas primárias são muito úteis como modelos experimentais, porque reproduzem melhor os eventos fisiológicos observados em tecido (*in vivo*) a partir do qual foram derivadas. Este aspecto é importante considerando que os extratos podem ser empregados em outras tecnologias, como micro e nano-encapsulação para desenvolvimento de novos nutracêuticos ou ainda empregado em diversas formulações farmacêuticas.

Os resultados mostraram que a viabilidade celular foi afetada apenas quando o extrato foi usado em concentrações de 50 µg/mL. O valor de IC₅₀ foram variados em cada linhagem, conforme a ação de cada extrato empregado. Conforme revelado na tabela 9, os extratos EES e EMS apresentaram os melhores resultados para ação anti-cancerígena, apresentando valores de IC₅₀ variando de 14,7±0,31 µg/mL a 37,12±2,67 para HCT116 e MCF-7, respectivamente do extrato de EMS e valores de IC₅₀ variando de 15,17±0,81 µg/mL a 37,17±2,57 para HCT116 e HL-60, respectivamente do extrato de EES.

A linhagem de HepG2 ficou em torno de 15,24± 1,52 µg/mL a 23,31± 1,74 µg/mL, enquanto para linhagens de HL-60 22,54±2,97 µg/mL a 38,33±1,72 µg/mL. Linhagens de HCT-116 obtiveram 14,7±0,31 µg/mL a 20,4±3,45 µg/mL, MCF-7 ficou de 28,98±3,02 µg/mL

a $42,79 \pm 0,91 \mu\text{g/mL}$ e H9C-2 foi de $28,97 \pm 2,28 \mu\text{g/mL}$ a $48,44 \pm 0,07 \mu\text{g/mL}$. A doxorubicina, composto anticancerígeno, foi utilizada como controle positivo no ensaio citotóxico. Considerando os resultados obtidos no presente estudo, os EES e EMS apresentaram melhores atividades contra a linhagens de células de câncer estudadas. De acordo com o National Cancer Institute americana (NCI), o limite de IC_{50} para considerar um extrato promissor para futuras investigações é um valor inferior a $30 \mu\text{g/mL}$ (SUFFNESS; PEZZUTO, 1990).

Os resultados demonstraram que os extratos estudados não apresentaram atividade citotóxica relevante em células não cancerígenas (MCR-5), não ocasionando uma grande diminuição da população celular, apresentando entre $29,68 \pm 2,45 \mu\text{g/mL}$ a $46,89 \pm 4,30 \mu\text{g/mL}$. Para próximo estudos, é possível realizar uma avaliação pré-clínica, e serem testados em animais.

7. CONCLUSÃO

As características físico-químicas das farinhas de casca e semente de bacupari se mostraram promissoras, quanto a composição proximal, os resultados foram significativos para lipídeos, proteínas e principalmente carboidratos. As mesmas, resultaram na presença de minerais importantes para a saúde humana, na formação de ossos e dentes, regulação dos fluidos corporais e contração muscular, como cálcio e potássio, em maior porcentagem, seguido de fósforo e ferro. As farinhas também se destacaram quanto a presença de açúcares totais, estando acima de polpas, cascas e sementes de frutos reconhecidos da região, como açaí, bacaba, maracujá e abacaxi. Não obstante, as porcentagens de carotenoides presentes em suas respectivas farinhas, ganharam destaque, sendo α e β - caroteno os mais expressivos, e não ficando distante de frutas como goiaba e manga.

Os solventes (etanol, metanol e hexano) empregados na extração por Turraz demonstraram um baixo rendimento, porém, eficientes na extração de polifenóis e compostos fenólicos da casca e semente do fruto de *Garcinia brasiliensis*. Portanto, nestas condições, o ideal seria a utilização de um sistema fechado por aquecimento, com a dissolução dos compostos, podendo os mesmos se ligarem ao solvente a partir da energia gerada pelo calor como catabolizante, e se evitando a perda dos bioativos e a volatilização dos solventes.

Os diferentes extratos de *Garcinia brasiliensis* obtidos e as farinhas, apresentaram atividade antioxidante nos métodos avaliados, exibindo valores expressivos de porcentagem de atividade antioxidante para os experimentos de captura dos radicais DDPH, capacidade de redução de Folin-Ciocalteu e polifenóis, principalmente, nos extratos etanólico, hexanólico e metanólico de semente.

Quando realizada a identificação de compostos a partir do método de CG/MS foram identificados 3-Fenil-1,3-oxazetidin-2-ona, Acetofenona, Ácido fenilacético, alfa-pineno, ácido benzoico, 2,2-Diidroxi-1-feniletanona (Benzoina), Ácido 2-bifenilacético, 2,6-Dimetil-5-dimetildodecilsililoxinon-1-en-3-ino nas farinhas de casca e semente do fruto. Dessa forma a presença de grupos hidroxila em 2,6-Dimetil-5-dimetildodecilsililoxinon-1-en-3-ino, ácido benzoico, alfa-pineno e 2-etil-N-{3-[(2-etilhexanoil)amino]fenil} hexanamida, justifica a propriedade antioxidante da farinha.

Destacando o procedimento gerado das atividades citotóxicas dos extratos de bacupari, os mesmos indicaram altas taxas de inibição para os extratos etanólico, hexanólico e metanólico frente às linhagens celulares de carcinoma colorretal, hepatocarcinoma humano e leucemina mieloide, variando entre $14,7 \pm 0,31$ a $29,71 \pm 2,68$ $\mu\text{g/mL}$.

Os resultados obtidos neste trabalho contribuem para melhor compreensão das características físico-químicas da espécie *Garcinia brasiliensis*, principalmente a encontrada no Amazonas. Dessa forma, a partir dos resultados obtidos, se estimula o interesse no aprofundamento da investigação química e farmacológica acerca desta planta e seus subprodutos, que apresentaram potencial destacado em relação à quimiodiversidade e bioatividade, e, portanto, demonstrando possível contribuição significativa para aumento de valor agregado de produtos oriundos da biodiversidade vegetal brasileira.

8. REFERÊNCIAS

- ABE, F.; NAGAFUJI, S.; OKABE, H.; AKAHANE, H.; ESTRADA-MUÑIZ, E.; HUERTA-REYES, M.; REYES-CHILPA, R. Trypanocidal constituents in plants 3. Leaves of *Garcinia intermedia* and heartwood of *Calophyllum brasiliense*. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, [s. l.], 2004.
- ACUNA, U.; JANCOVSKI, N.; KENNELLY, E. Polyisoprenylated Benzophenones from Clusiaceae: Potential Drugs and Lead Compounds. **Current Topics in Medicinal Chemistry**, [s. l.], 2009.
- AGUIAR, J. P. L.; SILVA, E. P. da; JUNIOR, R. C. P.; NAGAHAMA, D.; SOUZA, F. das C. D. A. Aromatic and nutritional profile of an Amazonian autochthonous species, *Caramuri Pouteria elegans* (A.DC.) Baehni. **International Journal of Food Properties**, [s. l.], 2019.
- AN, J.; ADELINA, N. M.; ZHANG, L.; ZHAO, Y. Effect of roasting pre-treatment of two grafted pine nuts (*Pinus koraiensis*) on yield, color, chemical compositions, antioxidant activity, and oxidative stability of the oil. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], 2022.
- ANAL, A. K.; SINGH, H. **Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery**. [S. l.: s. n.], 2007.
- ANILKUMAR, A. T.; MANOHARAN, S.; BALASUBRAMANIAN, S.; PERUMAL, E. **Garcinia gummi-gutta: Phytochemicals and pharmacological applications**. [S. l.: s. n.], 2023.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 22^a Eded. Arlington: International Association of Official Analytical Chemists, 2023.
- ARAÚJO, P. G. L. de; FIGUEIREDO, R. W. de; ALVES, R. E.; MAIA, G. A.; PAIVA, J. R. de. beta-caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais em polpa de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], 2007.
- ARAÚJO, F. de O.; MOREIRA, M. E. de C.; LIMA, C. F.; TOLEDO, R. C. L.; DE SOUSA, A. R.; VELOSO, M. P.; DE FREITAS, P. G.; DOS SANTOS, M. H.; DE SOUZA, E. C. G.; MANTOVANI, H. C.; MARTINO, H. S. D. Bacupari (*Garcinia brasiliensis*) extract modulates intestinal microbiota and reduces oxidative stress and inflammation in obese rats. **Food Research International**, [s. l.], 2019.
- ARENAS-JAL, M.; SUÑÉ-NEGRE, J. M.; GARCÍA-MONTOYA, E. An overview of microencapsulation in the food industry: opportunities, challenges, and innovations. **European Food Research and Technology**, [s. l.], 2020.

- ASSUNÇÃO, L. S.; FERREIRA, C. D.; CONCEIÇÃO, E. J. L. da; NUNES, I. L. Estudo prospectivo sobre encapsulamento de compostos bioativos. **Geintec**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 1382–1391, 2014.
- AUGUSTYNIAK, A.; BARTOSZ, G.; ČIPAK, A.; DUBURS, G.; HORÁKOVÁ, L.; ŁUCZAJ, W.; MAJEKOVA, M.; ODYSSEOS, A. D.; RACKOVA, L.; SKRZYDLEWSKA, E.; STEFEK, M.; ŠTROSOVÁ, M.; TIRZITIS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VISKUPICOVA, J.; VRAKA, P. S.; ŽARKOVIĆ, N. **Natural and synthetic antioxidants: An updated overview**. [S. l.: s. n.], 2010.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação Agrícola**. [S. l.: s. n.] 2006.
- BARROSO, T. L. C. T.; ALEXANDRE, J. de B.; SILVA, L. C. da; CASTELO, R. M.; RIBEIRO, L. B.; FURTADO, R. F.; ZAMBELLI, R. A. Tecnologia de encapsulamento na área de alimentos: Uma revisão. **Research, Society and Development**, [s. l.], 2021.
- BARROSO, G. M. .; GUIMARÃES, E. F. .; ICHASO, C. L. F. .; COSTA, C. G. .; PEIXOTO, A. . **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. 2ªed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 2002.
- BARROSO, A. K. M.; PIERUCCI, A. P. T. R.; FREITAS, S. P.; TORRES, A. G.; ROCHA-LEÃO, M. H. M. Da. Oxidative stability and sensory evaluation of microencapsulated flaxseed oil. **Journal of Microencapsulation**, [s. l.], 2014.
- BARWICK, V. J. Strategies for solvent selection - A literature review. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, [s. l.], 1997.
- BIGLIARDI, B.; FERRARO, G.; FILIPPELLI, S.; GALATI, F. **Innovation models in food industry: A review of the literature**. [S. l.: s. n.], 2020.
- BITTRICH, V.; TRAD, R. J.; CABRAL, F. N.; NASCIMENTO-JR, J. E.; SOUZA, V. C. **Clusiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: <http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/FB6851>. .
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, [s. l.], 1959.
- BOTTA, B.; MARQUINA MAC-QUHAE, M.; DELLE MONACHE, G.; DELLE MONACHE, F.; DE MELLO, J. F. Chemical Investigation of the Genus *Rheedia*, V. Biflavonoids and Xanthochymol. **Journal of Natural Products**, [s. l.], 1984.
- BRASIL, M. da S.; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA, A. **Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. RDC No 054, de 12 de novembro de 2012**. In: [S. l.]: DOU, 2012. p. 1–16.

BRASIL, M. da S.; ANVISA, A. N. de V. S. **Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelo - RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** *In:* Brasília: DOU, 2005. p. 368–369.

BRUMMITT, R. K. Vascular plant families and genera. *In:* New York: Royal Botanic Gardens, Kew, 1992.

BUTREDDY, A.; DUDHIPALA, N.; JANGA, K. Y.; GADDAM, R. P. **Lyophilization of Small-Molecule Injectables: an Industry Perspective on Formulation Development, Process Optimization, Scale-Up Challenges, and Drug Product Quality Attributes.** [*S. l.: s. n.*], 2020.

CARLAN, I. C.; ESTEVINHO, B. N.; ROCHA, F. Study of different encapsulating agents for the microencapsulation of vitamin b12. **Environmental Engineering and Management Journal**, [*s. l.*], 2018.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; ASSIS, G. T.; LOURENÇO, L. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e alginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de “mix” de polpa de cajá e mamão, por meio da metodologia de superfície de resposta. **Acta Amazonica**, [*s. l.*], 2011.

CASTARDO, J. C.; PRUDENTE, A. S.; FERREIRA, J.; GUIMARÃES, C. L.; MONACHE, F. D.; FILHO, V. C.; OTUKI, M. F.; CABRINI, D. A. Anti-inflammatory effects of hydroalcoholic extract and two biflavonoids from *Garcinia gardneriana* leaves in mouse paw oedema. **Journal of Ethnopharmacology**, [*s. l.*], 2008.

CASTRO, A. P.; DE MATTOS, A. C. A.; PEREIRA, N. A.; ANCHIETA, N. F.; SILVA, M. S.; DIAS, D. F.; SILVA, C. A.; BARROS, G. V.; SOUZA, R. L. M.; DOS SANTOS, M. H.; MARQUES, M. J. Potent Schistosomicidal Constituents from *Garcinia brasiliensis*. **Planta Medica**, [*s. l.*], 2015.

CASTRO, A. P.; MORAIS RUELA, A. L.; AMARAL, J. G.; DOS SANTOS, M. H.; PEREIRA, G. R.; MARQUES, M. J. A stability-indicating method by LC-UV for analysis of 7-: Epi -clusianone extracted from *Garcinia brasiliensis* fruits and a novel prenylated benzophenone from the oxidation of this molecular marker. **Analytical Methods**, [*s. l.*], 2019.

CAVALCANTE, A. M. de M.; SILVA, O. S. da; NETO, G. J. da S.; MELO, A. M. de; RIBEIRO, N. L. Evaluation of the Antioxidant Potential of Mesquite Grains Flour in Hamburger Meat Product. **Journal of Experimental Agriculture International**, [*s. l.*], 2019.

CAVALCANTI, A. L.; OLIVEIRA, K. F. de; PAIVA, P. S.; DIAS, M. V. R.; COSTA, DA, S. K. P.; VIEIRA,; FERNANDES, F. Determination of total soluble solids content (°Brix) e pH

in mlk drinks and industrialized fruit juices. **Redalyc**, [s. l.], 2006.

CHEN, T. H.; TSAI, M. J.; FU, Y. S.; WENG, C. F. **The exploration of natural compounds for anti-diabetes from distinctive species *Garcinia linii* with comprehensive review of the garcinia family**. [S. l.: s. n.], 2019.

COELHO, L. P.; SERRA, M. F.; PIRES, A. L. D. A.; CORDEIRO, R. S. B.; SILVA, P. M. R.; DOS SANTOS, M. H.; MARTINS, M. A. 7-epiclusianone, a tetraprenylated benzophenone, relaxes airway smooth muscle through activation of the nitric oxide-cGMP pathway. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, [s. l.], 2008.

DA COSTA NETO, J. J. G.; GOMES, T. L. M.; JUSTO, T. F.; PEREIRA, K. S.; AMARAL, P. F. F.; ROCHA LEÃO, M. H. M.; FONTES SANT'ANA, G. C. Microencapsulation of tiger nut milk by lyophilization: Morphological characteristics, shelf life and microbiological stability. **Food Chemistry**, [s. l.], 2019.

DA CUNHA DEMENCIANO, S.; LIMA E SILVA, M. C. B.; FARIAS ALEXANDRINO, C. A.; KATO, W. H.; DE OLIVEIRA FIGUEIREDO, P.; GARCEZ, W. S.; CAMPOS, R. P.; DE CÁSSIA AVELLANEDA GUIMARÃES, R.; SARMENTO, U. C.; BOGO, D. Antiproliferative activity and antioxidant potential of extracts of *garcinia gardneriana*. **Molecules**, [s. l.], 2020.

DA SILVA, A. P. G.; SGANZERLA, W. G.; JACOMINO, A. P.; DA SILVA, E. P.; XIAO, J.; SIMAL-GANDARA, J. Chemical composition, bioactive compounds, and perspectives for the industrial formulation of health products from uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess – Myrtaceae): A comprehensive review. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], 2022.

DAGUANO, J. K. M. F.; SANTOS, C.; ROGERO, S. O. Avaliação da citotoxicidade de biocerâmicas desenvolvidas para uso em sistemas de implantes. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [s. l.], 2007.

DE ARAÚJO, J. S. F.; DE SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, J. R.; GOMES, A. C. A.; KOTZEBUE, L. R. V.; DA SILVA AGOSTINI, D. L.; DE OLIVEIRA, D. L. V.; MAZZETTO, S. E.; DA SILVA, A. L.; CAVALCANTI, M. T. Microencapsulation of sweet orange essential oil (*Citrus aurantium* var. *dulcis*) by liophylization using maltodextrin and maltodextrin/gelatin mixtures: Preparation, characterization, antimicrobial and antioxidant activities. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], 2020.

DE MELLO, V. D.; LAAKSONEN, D. E. Dietary fibers: Current trends and health benefits in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e**

Metabologia, [s. l.], 2009.

DE MELO, A. M.; BARBI, R. C. T.; COSTA, B. P.; IKEDA, M.; ALVES, F. E. S. B.; CARPINÉ, D.; RIBANI, R. H. Thermal, antioxidant, morphological and bioactive properties of starchy material extracted from the bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.)) seed using aqueous and alkaline maceration. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, [s. l.], v. 147, n. 22, p. 12313–12328, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10973-022-11460-y>.

DE MELO, A. M.; BARBI, R. C. T.; COSTA, B. P.; IKEDA, M.; CARPINÉ, D.; RIBANI, R. H. Valorization of the agro-industrial by-products of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart.)) through production of flour with bioactive properties. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 45, 2022.

DE MELO, M. S.; QUINTANS, J. D. S. S.; ARAÚJO, A. A. D. S.; DUARTE, M. C.; BONJARDIM, L. R.; NOGUEIRA, P. C. D. L.; MORAES, V. R. D. S.; ARAÚJO-JÚNIOR, J. X. De; RIBEIRO, Ê. A. N.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J. **A systematic review for anti-inflammatory property of clusiaceae family: A preclinical approach**. [S. l.: s. n.], 2014.

DE MESQUITA, E. F.; CHAVES, L. H. G.; FREITAS, B. V.; SILVA, G. A.; SOUSA, M. V. R.; ANDRADE, R. Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s. l.], 2012.

DE OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Vegetals as natural sources of antioxidants. **Química Nova**, [s. l.], 2009.

DE SOUZA, A. A.; DE ANDRADE, D. M.; SIQUEIRA, F. da S.; DI IORIO, J. F.; VELOSO, M. P.; COELHO, C. de M.; VIEGAS JUNIOR, C.; GONTIJO, V. S.; DOS SANTOS, M. H.; MENEGHETTI, M. C. Z.; NADER, H. B.; TERSARIOL, I. L. dos S.; JULIANO, L.; JULIANO, M. A.; JUDICE, W. A. de S. Semisynthetic biflavonoid Morelloflavone-7,4',7'',3''',4''-penta-O-butanoyl is a more potent inhibitor of Proprotein Convertases Subtilisin/Kexin PC1/3 than Kex2 and Furin. **Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects**, [s. l.], 2021.

DE SOUZA VIANA, E.; CARDOSO REIS, R.; DE JESUS, J. L.; THEODORO JUNGHANS, D.; DUARTE SOUZA, F. V. Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. **Ciência Rural**, [s. l.], 2013.

DE SOUZA VIANA, E.; FONSECA, M. D.; REIS, R. C.; DE ANDRADE, M. V. S.; RITZINGER, R. Physicochemical and bioactive compound evaluation of acerola genotypes. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], 2021.

DEL CAMPO, A. D.; SEGURA-ORENGA, G.; BAUTISTA, I.; CEACERO, C. J.; GONZÁLEZ-SANCHIS, M.; MOLINA, A. J.; HERMOSO, J. Assessing reforestation failure at the project scale: The margin for technical improvement under harsh conditions. A case study in a Mediterranean Dryland. **Science of the Total Environment**, [s. l.], 2021.

DÍAZ-TOCADOS, J. M.; RODRÍGUEZ-ORTIZ, M. E.; ALMADÉN, Y.; CARVALHO, C.; FRAZÃO, J. M.; RODRÍGUEZ, M.; MUÑOZ-CASTAÑEDA, J. R. Effect of a calcium-rich diet on mineral and bone metabolism in rats. **Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral**, [s. l.], 2022.

DOGARA, A. M.; HAMAD, S. W.; HAMA, H. A.; BRADOSTY, S. W.; KAYFI, S.; AL-RAWI, S. S.; LEMA, A. A. Biological Evaluation of *Garcinia kola* Heckel. **Advances in Pharmacological and Pharmaceutical Sciences**, [s. l.], v. 2022, 2022.

DONÁDIO, L. C. .; MÔRO, F. V. .; SERVIDONE, A. A. Frutas Brasileiras. In: 2^a Eded. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002. p. 288.

DOS SANTOS, M. H.; NAGEM, T. J.; DE OLIVEIRA, T. T.; BRAZ-FILHO, R. 7-epiclusianone, the new tetraprenylated benzophenone and others chemical constituents from the fruits of *Rheedia gardneriana*. **Química Nova**, [s. l.], 1999.

DOS SANTOS, S. S.; PARAÍSO, C. M.; DA COSTA, S. C.; OGAWA, C. Y. L.; SATO, F.; MADRONA, G. S. Recovery of bioactive compounds from an agro-industrial waste: extraction, microencapsulation, and characterization of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) pomace as a source of antioxidant. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s. l.], 2022.

DUBEY, R.; SHAMI, T. C.; RAO, K. U. B. Microencapsulation Technology and Applications. **Defence Science Journal**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 82–95, 2009.

DUDAREVA, N.; NEGRE, F. **Practical applications of research into the regulation of plant volatile emission**. [S. l.: s. n.], 2005.

FARINAZZI MACHADO, F. M. V.; MARIANO-NASSER, F. A. de C.; FURLANETO, K. A.; FIORINI, A. M. R.; VIEITES, R. L. COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE IN VITRO DOS FRUTOS E FOLHAS DA GARCINIA COCHINCHINENSIS CHOISY. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, [s. l.], 2017.

FERREIRA, R. O.; DE CARVALHO, M. G.; DA SILVA, T. M. S. **Ocorrência de biflavonoides em clusiaceae: aspectos químicos e farmacológicos**. [S. l.: s. n.], 2012.

FIGUEIREDO, S. A.; VILELA, F. M. P.; SILVA, C. A. Da; CUNHA, T. M.; DOS SANTOS, M. H.; FONSECA, M. J. V. In vitro and in vivo photoprotective/photochemopreventive potential of *Garcinia brasiliensis* epicarp extract. **Journal of Photochemistry and**

Photobiology B: Biology, [s. l.], 2014.

FILHO, V. C.; DA SILVA, K. L.; DE SOUZA, M. M.; OLIVEIRA, A. E.; YUNES, R. A.; GUIMARÃES, C. L.; VERDI, L. G.; SIMIONATTO, E. L.; MONACHE, F. D. I3-naringenin-II8-4'-OMe-eriodictyol: A New Potential Analgesic Agent Isolated from *Rheedia gardneriana* Leaves. **Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences**, [s. l.], 2000.

FILIPPI, A. C. G.; GUARNIERI, P.; CARVALHO, J. M.; REIS, S. A.; DA CUNHA, C. A. New configurations in Brazilian agribusiness: rural warehouse condominiums. **Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies**, [s. l.], 2020.

FORZZA, R. C.; LEITMAN, P. M.; COSTA, A.; CARVALHO JR., A. A. de; PEIXOTO, A. L.; WALTER, B. M. T.; BICUDO, C.; ZAPPI, D.; COSTA, D. P. da; LLERAS, E.; MARTINELLI, G.; LIMA, H. C. de; PRADO, J.; STEHMANN, J. R.; BAUMGRATZ, J. F. A.; PIRANI, J. R.; SYLVESTRE, L. da S.; MAIA, L. C.; LOHMANN, L. G.; PAGANUCCI, L.; SILVEIRA, M.; NADRUZ, M.; MAMEDE, M. C. H.; BASTOS, M. N. C.; MORIM, M. P.; BARBOSA, M. R.; MENEZES, M.; HOPKINS, M.; SECCO, R.; CAVALCANTI, T.; SOUZA, V. C. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil - Vol. 1**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2010. 2010.v. 1.

FRANCO, D.; PEREIRA, T.; VITORIO, F.; NADUR, N.; LACERDA, R.; KÜMMERLE, A. A IMPORTÂNCIA DAS CUMARINAS PARA A QUÍMICA MEDICINAL E O DESENVOLVIMENTO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NOS ÚLTIMOS ANOS. **Química Nova**, [s. l.], 2020.

FROTA, R. G.; AMORIM, Á. D. S.; CARNEIRO, J. K. R.; OLIVEIRA, M. A. S. Citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade da infusão de *Plectranthus barbatus* – Lamiaceae (malva-santa) avaliada pelo sistema teste *Allium cepa*. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, [s. l.], 2019.

FU, D.; DENG, S.; MCCLEMENTS, D. J.; ZHOU, L.; ZOU, L.; YI, J.; LIU, C.; LIU, W. Encapsulation of β -carotene in wheat gluten nanoparticle-xanthan gum-stabilized Pickering emulsions: Enhancement of carotenoid stability and bioaccessibility. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], 2019.

FURUTA, T.; NEOH, T. L. Microencapsulation of food bioactive components by spray drying: A review. **Drying Technology**, [s. l.], 2021.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, [s. l.], 1963.

GOMES, L. A.; FARIAS, M. C. V.; SANTOS, E. **Clusiaceae: *Garcinia brasiliensis* Mart.**

NY Barcode: 02694671. Depósito: 2013. Concessão: 2013.

GONTIJO, V. S.; DE SOUZA, T. C.; ROSA, I. A.; SOARES, M. G.; DA SILVA, M. A.; VILEGAS, W.; VIEGAS, C.; DOS SANTOS, M. H. Isolation and evaluation of the antioxidant activity of phenolic constituents of the *Garcinia brasiliensis* epicarp. **Food Chemistry**, [s. l.], 2012.

GONTIJO, V. S.; JUDICE, W. A. S.; CODONHO, B.; PEREIRA, I. O.; ASSIS, D. M.; JANUÁRIO, J. P.; CAROSELLI, E. E.; JULIANO, M. A.; DE CARVALHO DOSATTI, A.; MARQUES, M. J.; JUNIOR, C. V.; SANTOS, M. H. Dos. Leishmanicidal, antiproteolytic and antioxidant evaluation of natural biflavonoids isolated from *Garcinia brasiliensis* and their semisynthetic derivatives. **European Journal of Medicinal Chemistry**, [s. l.], 2012.

GROSSNICKLE, S. C.; IVETIĆ, V. **Root system development and field establishment: effect of seedling quality**. [S. l.]: Springer Netherlands, 2022.v. 53. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11056-022-09916-y>.

GUIMARÃES, L. A. de O. P.; BELLON, A. A.; DORZENONI, R. R.; GUIMARÃES, M. A. P.; DARIVA, M. D. **Rendimento da polpa e características químicas de frutas nativas com potencial para o consumo humano**. [S. l.: s. n.], 2016.

GÜLÇİN, I. **Antioxidant activity of food constituents: An overview**. [S. l.: s. n.], 2012.

GULSUNOGLU-KONUSKAN, Z.; KILIC-AKYILMAZ, M. **Microbial Bioconversion of Phenolic Compounds in Agro-industrial Wastes: A Review of Mechanisms and Effective Factors**. [S. l.: s. n.], 2022.

HARA, T.; TAKEDA, T. aki; TAKAGISHI, T.; FUKUE, K.; KAMBE, T.; FUKADA, T. **Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis**. [S. l.: s. n.], 2017.

HENRIKSSON, E.; KJELLÉN, E.; WAHLBERG, P.; WENNERBERG, J.; KJELLSTRÖM, J. H. Differences in estimates of cisplatin-induced cell kill in vitro between colorimetric and cell count/colony assays. **In Vitro Cellular and Developmental Biology - Animal**, [s. l.], 2006.

HOUGHTON, P.; FANG, R.; TECHATANAWAT, I.; STEVENTON, G.; HYLANDS, P. J.; LEE, C. C. The sulphorhodamine (SRB) assay and other approaches to testing plant extracts and derived compounds for activities related to reputed anticancer activity. **Methods**, [s. l.], 2007.

HUANG, Y.; SUN, F.; CHEN, H.; CHEN, D.; TAN, H.; COZZOLINO, D. Lipidomic changes in banana (*musa cavendish*) during ripening and comparison of extraction by folch and blygh-dyer methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], 2020.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade Antioxidante De Resíduos Agroindustriais De Frutas Tropicais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, [s. l.], 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **1ª Edição Digital**. In: MÉTODOS FÍSICOS-QUÍMICOS PARA ANÁLISE DE ALIMENTOS. [S. l.: s. n.], 2012.

IONTA, M.; FERREIRA-SILVA, G. A.; NIERO, E. L.; COSTA, É. D. M.; MARTENS, A. A.; ROSA, W.; SOARES, M. G.; MACHADO-SANTELLI, G. M.; LAGO, J. H. G.; SANTOS, M. H. 7-Epiclusianone, a benzophenone extracted from *Garcinia brasiliensis* (Clusiaceae), induces cell cycle arrest in G1/S transition in A549 cells. **Molecules**, [s. l.], 2015.

IVERSON, S. J.; LANG, S. L. C.; COOPER, M. H. Comparison of the bligh and dyer and folch methods for total lipid determination in a broad range of marine tissue. **Lipids**, [s. l.], 2001.

IWU, M. M.; DIOP, A. D.; MESEROLE, L.; OKUNJI, C. O. *Garcinia kola*: a new look at an old adaptogenic agent. In: ADVANCES IN PHYTOMEDICINE. [S. l.: s. n.], 2002.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern Food Microbiology**. [S. l.: s. n.], 2005. 2005.

JOLLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. [S. l.: s. n.], 1993. 1993.

JÚ NIOR, J. S. C.; DE ALMEIDA, A. A. C.; DE BARROS FALCÃO FERRAZ, A.; ROSSATTO, R. R.; SILVA, T. G.; SILVA, P. B. N.; MILITÃO, G. C. G.; CITÓ, A. M. D. G. L.; SANTANA, L. C. L. R.; DE AMORIM, F. A.; FREITAS, R. M. Cytotoxic and leishmanicidal properties of garcinielliptone FC, a prenylated benzophenone from *Platonia insignis*. **Natural Product Research**, [s. l.], 2013.

JULIA F. MORTON. Fruits of Warm Climates. **Florida Flair Books**, [s. l.], 1987.

KANG, J.; THAKALI, K. M.; XIE, C.; KONDO, M.; TONG, Y.; OU, B.; JENSEN, G.; MEDINA, M. B.; SCHAUSS, A. G.; WU, X. Bioactivities of açai (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. **Food Chemistry**, [s. l.], 2012.

KSHIRSAGAR, P.; GAIKWAD, S.; PAI, S.; DESAI, N.; BAPAT, V. Evaluation of antioxidant capacity and phytochemical investigation of eleven Clusiaceae members from Western Ghats, India. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], v. 44, n. September, p. 102476, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102476>.

LAZZARI, A.; BARBOSA, H. D.; SILVA, I. C. da; SILVA, L. H. M. da; DADA, A. P.; OLIVEIRA CESTÁRIO, A. C. de; MACHADO FILHO, E. R. Potencial antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais: revisão. **Research, Society and Development**, [s.

l.], 2021.

LEE, J. S.; SONG, Y. Bin; LEE, J. Y.; KIM, M. K.; JUN, S. J.; LEE, H. G. Optimization and oxidative stability of the microencapsulated conjugated linoleic acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, [*s. l.*], 2009.

LENG, F.; SUN, S.; JING, Y.; WANG, F.; WEI, Q.; WANG, X.; ZHU, X. **A rapid and sensitive method for determination of trace amounts of glucose by anthrone-sulfuric acid method** **Bulgarian Chemical Communications**. [*S. l.: s. n.*], 2016.

LI, X. C.; JOSHI, A. S.; TAN, B.; ELSOHLY, H. N.; WALKER, L. A.; ZJAWIONY, J. K.; FERREIRA, D. Absolute configuration, conformation, and chiral properties of flavanone-(3→8'')-flavone biflavonoids from *Rheedia acuminata*. **Tetrahedron**, [*s. l.*], 2002.

LI, H. Bin; WONG, C. C.; CHENG, K. W.; CHEN, F. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. **LWT**, [*s. l.*], 2008.

LIANG, M.; SU, X.; YANG, Zhenfeng; DENG, H.; YANG, Zhao; LIANG, R.; HUANG, J. Carotenoid composition and expression of carotenogenic genes in the peel and pulp of commercial mango fruit cultivars. **Scientia Horticulturae**, [*s. l.*], 2020.

LIMA, M. da C.; CARVALHO, J. E. U. de; MULLER, C. H.; ARAÚJO, J. R. G.; MARTIN, M. R.; SOUZA, V. A. B. de; VASCONCELOS, L. F. L.; ARAÚJO, E. C. E.; CRUZ, C. D.; MOURA, M. da C. C. L.; FERREIRA, A.; MASCARENHAS, K. M.; AL., E. **Bacuri - (Platonia insignis Mart.-Clusiaceae). Agrobiodiversidade**. 1^a Eded. São Luís: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 2007.v. 13.

LIMA, E. M. F.; MADALÃO, M. C. M.; BENINCÁ, D. B.; SARAIVA, S. H.; SILVA, P. I. Effect of encapsulating agent and drying air temperature on the characteristics of microcapsules of anthocyanins and polyphenols from juçara (*Euterpe edulis* Martius). **International Food Research Journal**, [*s. l.*], v. 26, n. 2, p. 607–617, 2019.

LIMA, I. M. de O.; SILVA JÚNIOR, J. S.; COSTA, E.; CARDOSO, E. D.; BINOTTI, F. F. da S.; JORGE, M. H. A. Diferentes substratos e ambientes protegidos para o crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo doce. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, [*s. l.*], 2016.

LUCAS, B. F.; GUELPA, R.; VAHINGER, M.; BRUNNER, T.; COSTA, J. A. V.; DENKEL, C. Extruded snacks enriched with açai berry: physicochemical properties and bioactive constituents. **Food Science and Technology (Brazil)**, [*s. l.*], v. 42, 2022.

MA, X.; ZHENG, B.; MA, Y.; XU, W.; WU, H.; WANG, S. Carotenoid accumulation and expression of carotenoid biosynthesis genes in mango flesh during fruit development and

ripening. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], 2018.

MACIEL, M. D. A.; TROIAN, A.; OLIVEIRA, S. V. de O. Brazil of the agro , country of hunger : thinking strategies for sustainable development. **Espacio Abierto**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 23–41, 2022.

MAGALHÃES, R. C.; GOMES, R. C. M. Mineralogia e química de solo de várzea e suas susceptibilidades no processo de terras caídas na comunidade do Divino Espírito Santo-AM. **Sociedade & Natureza**, [s. l.], 2013.

MARINHO, T. A. da S.; LOPES, A.; ASSIS, R. L. de; RAMOS, S. L. F.; GOMES, L. R. P.; WITTMANN, F.; SCHÖNGA, J. Distribution and growth of *Garcinia brasiliensis* Mart. AND *Hevea spruceana* (Benth.) Müll. Arg. in a seasonally flooded forest in Manaus, Amazonas State. [s. l.], p. 223–232, 2013.

MARKOM, M.; HASAN, M.; DAUD, W. R. W.; SINGH, H.; JAHIM, J. M. Extraction of hydrolysable tannins from *Phyllanthus niruri* Linn.: Effects of solvents and extraction methods. **Separation and Purification Technology**, [s. l.], 2007.

MARMITT, L. G.; BETTI, J.; OLIVEIRA, E. C. DETERMINAÇÃO DE ÁCIDO CÍTRICO E pH EM DIFERENTES CULTIVARES DE LIMÃO E MARCAS DE SUCOS ARTIFICIAIS DE LIMÃO EM PÓ. **Revista Destaques Acadêmicos**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 245–252, 2016.

MARTINS, F. T.; ASSIS, D. M.; DOS SANTOS, M. H.; CAMPS, I.; VELOSO, M. P.; JULIANO, M. A.; ALVES, L. C.; DORIGUETTO, A. C. Natural polyprenylated benzophenones inhibiting cysteine and serine proteases. **European Journal of Medicinal Chemistry**, [s. l.], 2009.

MARTINS, F. T.; DORIGUETTO, A. C.; DE SOUZA, T. C.; DE SOUZA, K. R. D.; DOS SANTOS, M. H.; MOREIRA, M. E. C.; BARBOSA, L. C. A. Composition, and anti-inflammatory and antioxidant activities of the volatile oil from the fruit peel of *Garcinia brasiliensis*. **Chemistry and Biodiversity**, [s. l.], 2008.

MELO, A. M. de; ALMEIDA, F. L. C.; CAVALCANTE, A. M. de M.; IKEDA, M.; BARBI, R. C. T.; COSTA, B. P.; RIBANI, R. H. ***Garcinia brasiliensis* fruits and its by-products: Antioxidant activity, health effects and future food industry trends – A bibliometric review**. [S. l.: s. n.], 2021.

MELO, A. M. de; COSTA, B. P.; IKEDA, M.; RIBANI, R. H. Identification of bioactive compounds, morphology, and nutritional composition of bacupari (*Garcinia brasiliensis* (Mart)) pulp powder in two stages of maturation – A short communication. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 391, n. February, 2022.

MÉLO, E. de A.; LIMA, V. L. A. G. de; MACIEL, M. I. S.; CAETANO, A. C. da S.; LEAL, F. L. L. Polyphenol, Ascorbic Acid and Total Carotenoid Contents in Common Fruits and Vegetables. **Braz. J. Food Technol**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 89–94, 2006.

MENDES, N. V. B.; NASCIMENTO, W. M. O. do; LIMA, D. de C. Produção de mudas de *Rheedia acuminata* com adição de cama de aviário ao substrato. **Research, Society and Development**, [s. l.], 2021.

MENDES, N. V. B.; NASCIMENTO, W. M. O. do; TAVARES, R. F. de M.; MALCHER, D. J. da P. Diferentes doses de cama aviário para formação de mudas de açaí-do-Amazonas (*Euterpe Precatória Mart.*). *In: ATUAÇÃO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E ALTERAÇÕES AMBIENTAIS*, 2014, Belém, PA. **Anais [...]**. Belém, PA: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2014. p. 20–23.

MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S. E. de; RAMOS, J. D.; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A. Diferentes substratos e recipientes na formação de mudas de mamoeiro “sunrise solo”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], 2003.

MONDÉJAR-PARREÑO, G.; COGOLLUDO, A.; PEREZ-VIZCAINO, F. **Potassium (K+) channels in the pulmonary vasculature: Implications in pulmonary hypertension Physiological, pathophysiological and pharmacological regulation**. [S. l.: s. n.], 2021.

MONTENEGRO, J.; ANICETO, A.; PIMENTEL DE ABREU, J.; TEODORO, A. J. **CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS e ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTAS DA REGIÃO AMAZÔNICA**. Belo Horizonte - MG: 69ª Reunião Anual da SBPC, 2017.

MOREIRA, M. E. de C.; DE OLIVEIRA ARAÚJO, F.; DE SOUSA, A. R.; TOLEDO, R. C. L.; DOS ANJOS BENJAMIN, L.; VELOSO, M. P.; DE SOUZA REIS, K.; DOS SANTOS, M. H.; MARTINO, H. S. D. Bacupari peel extracts (*Garcinia brasiliensis*) reduces the biometry, lipogenesis and hepatic steatosis in obese rats. **Food Research International**, [s. l.], 2018.

MOREIRA, M. E. de C.; NATAL, D. I. G.; TOLEDO, R. C. L.; RAMIREZ, N. M.; RIBEIRO, S. M. R.; BENJAMIN, L. dos A.; DE OLIVEIRA, L. L.; RODRIGUES, D. A.; ANTÔNIO, J. D.; VELOSO, M. P.; DOS SANTOS, M. H.; MARTINO, H. S. D. Bacupari peel extracts (*Garcinia brasiliensis*) reduce high-fat diet-induced obesity in rats. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], 2017.

MUNIZ, F. H. **Garcinia in Flora e Funga do Brasil**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB6851>. .

NALDONI, F. J.; CLAUDINO, A. L. R.; CRUZ, J. W.; CHAVASCO, J. K.; FARIA E SILVA,

P. M.; VELOSO, M. P.; DOS SANTOS, M. H. Antimicrobial activity of benzophenones and extracts from the fruits of *Garcinia brasiliensis*. **Journal of Medicinal Food**, [s. l.], 2009.

NASSER, M. D.; MARIANO-NASSER, F. A. de C.; FURLANETO, K. A.; RAMOS, J. A.; CAETANO, P. K. COMPOSIÇÃO DA ACEROLA DE DIFERENTES GENÓTIPOS EM DUAS ÉPOCAS DE COLHEITA. **Nativa**, [s. l.], 2018.

NAVARRO, R.; ARANCIBIA, C.; HERRERA, M. L.; MATIACEVICH, S. Effect of type of encapsulating agent on physical properties of edible films based on alginate and thyme oil. **Food and Bioproducts Processing**, [s. l.], 2016.

NAVES, V. M. L.; DOS SANTOS, M. H.; RIBEIRO, I. S.; DA SILVA, C. A.; SILVA, N. C.; DA SILVA, M. A.; DA SILVA, G. A.; DIAS, A. L. T.; IONTA, M.; DIAS, D. F. Antimicrobial and antioxidant activity of *Garcinia brasiliensis* extracts. **South African Journal of Botany**, [s. l.], 2019.

NELSON, D.; COX, M. Lehninger's principle of Biochemistry. **Revised edition**, [s. l.], 2004.

NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, D. C. dos S.; MENDES, J. K. S.; URNHANI, C. O.; DE ARAÚJO, K. G. M. Quality of fruits manually processed of Açai (*Euterpe oleracea* MART.) and BACABA (*Oenocarpus bacaba* MART.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], 2015.

NISHAD, J.; MIR, S. A.; WALIA, K. Optimization of Spray Drying Technology for Sugarcane Juice Using Natural and Synthetic Encapsulating Agents. **Sugar Tech**, [s. l.], 2019.

OGUNLAJA, O. O.; MOODLEY, R.; BAIJNATH, H.; JONNALAGADDA, S. B. Elemental Distribution and Health Risk Assessment of the Edible Fruits of Two *Ficus* Species, *Ficus sycomorus* L. and *Ficus burtt-davyi* Hutch. **Biological Trace Element Research**, [s. l.], 2020.

PANESAR, P. S.; KAUR, S. **Bioutilisation of agro-industrial waste for lactic acid production**. [S. l.: s. n.], 2015.

PAZ, F. S.; PINTO, C. E.; DE BRITO, R. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GIANNINI, T. C. Edible Fruit Plant Species in the Amazon Forest Rely Mostly on Bees and Beetles as Pollinators. **Journal of Economic Entomology**, [s. l.], 2021.

PEREIRA, I. O.; MARQUES, M. J.; PAVAN, A. L. R.; CODONHO, B. S.; BARBIÉRI, C. L.; BEIJO, L. A.; DORIGUETTO, A. C.; COSTA, D. D. M.; DOS SANTOS, M. H. Leishmanicidal activity of benzophenones and extracts from *Garcinia brasiliensis* Mart. fruits. **Phytomedicine**, [s. l.], 2010.

PHANG, Y. L.; ZHENG, C.; XU, H. Structural diversity and biological activities of caged *Garcinia* xanthonoids: recent updates. **Acta Materia Medica**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 72–95, 2022.

PICCINELLI, A. L.; CUESTA-RUBIO, O.; CHICA, M. B.; MAHMOOD, N.; PAGANO, B.;

PAVONE, M.; BARONE, V.; RASTRELLI, L. Structural revision of clusianone and 7-epi-clusianone and anti-HIV activity of polyisoprenylated benzophenones. **Tetrahedron**, [s. l.], 2005.

PIERUCCI, A. P. T. R.; ANDRADE, L. R.; BAPTISTA, E. B.; VOLPATO, N. M.; ROCHA-LEÃO, M. H. M. New microencapsulation system for ascorbic acid using pea protein concentrate as coat protector. **Journal of Microencapsulation**, [s. l.], 2006.

PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; DO PRADO, G. M.; DE SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: Abacaxi, caju e maracujá. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], 2006.

R. P. ADAMS. **Identification of essential oil components by gas chromatography / mass spectrometry**. [S. l.: s. n.] 2007.

RADENKOV, V.; JUHNEVICA-RADENKOVA, K.; GÓRNAŚ, P.; SEGLINA, D. **Non-waste technology through the enzymatic hydrolysis of agro-industrial by-products**. [S. l.: s. n.], 2018.

REMENANT, B.; JAFFRÈS, E.; DOUSSET, X.; PILET, M. F.; ZAGOREC, M. Bacterial spoilers of food: Behavior, fitness and functional properties. **Food Microbiology**, [s. l.], 2015.

RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, [s. l.], 2019.

REYNOLDS, C. S. **The ecology of phytoplankton**. [S. l.: s. n.], 2006. 2006.

RITTER, M. R.; SOBIERAJSKI, G. R.; SCHENKEL, E. P.; MENTZ, L. A. Plantas usadas como medicinais no município de Ipê, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], 2002.

RODRIGUES, T. S.; GUIMARÃES, S. F.; RODRIGUES-DAS-DÔRES, R. G.; GABRIEL, J. V. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s. l.], 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids-A review**. [S. l.: s. n.], 2010.

ROTTER, A.; BARBIER, M.; BERTONI, F.; BONES, A. M.; CANCELA, M. L.; CARLSSON, J.; CARVALHO, M. F.; CEGŁOWSKA, M.; CHIRIVELLA-MARTORELL, J.; CONK DALAY, M.; CUETO, M.; DAILIANIS, T.; DENIZ, I.; DÍAZ-MARRERO, A. R.; DRAKULOVIC, D.; DUBNIKA, A.; EDWARDS, C.; EINARSSON, H.; ERDOĞAN, A.; EROLDÖĞAN, O. T.; EZRA, D.; FAZI, S.; FITZGERALD, R. J.; GARGAN, L. M.;

GAUDÊNCIO, S. P.; GLIGORA UDOVIČ, M.; IVOŠEVIĆ DENARDIS, N.; JÓNSDÓTTIR, R.; KATARŽYTĚ, M.; KLUN, K.; KOTTA, J.; KTARI, L.; LJUBEŠIĆ, Z.; LUKIĆ BILELA, L.; MANDALAKIS, M.; MASSA-GALLUCCI, A.; MATIJOŠYTĚ, I.; MAZUR-MARZEC, H.; MEHIRI, M.; NIELSEN, S. L.; NOVOVESKÁ, L.; OVERLINGÈ, D.; PERALE, G.; RAMASAMY, P.; REBOURS, C.; REINSCH, T.; REYES, F.; RINKEVICH, B.; ROBBENS, J.; RÖTTINGER, E.; RUDOVICA, V.; SABOTIČ, J.; SAFARIK, I.; TALVE, S.; TASDEMIR, D.; THEODOTOU SCHNEIDER, X.; THOMAS, O. P.; TORUŃSKA-SITARZ, A.; VARESE, G. C.; VASQUEZ, M. I. **The Essentials of Marine Biotechnology**. [S. l.: s. n.], 2021.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Online EMBRAPA**, [s. l.], v. 127, p. 1–4, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426953/1/Cot127.pdf>.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], 2010.

RUFINO, M. D. S. M.; NAZARENO, L. S. Q.; ALVES, R. E.; FERNANDES, F. A. N. Kinetic modeling and evaluation of free radical-scavenging behavior in oils: Application to four tropical and subtropical fruits in a DPPH system. **Food Science and Technology (Brazil)**, [s. l.], 2020.

SANTA-CECÍLIA, F. V.; FREITAS, L. A. S.; VILELA, F. C.; VELOSO, C. D. C.; DA ROCHA, C. Q.; MOREIRA, M. E. C.; DIAS, D. F.; GIUSTI-PAIVA, A.; DOS SANTOS, M. H. Antinociceptive and anti-inflammatory properties of 7-epiclusianone, a prenylated benzophenone from *Garcinia brasiliensis*. **European Journal of Pharmacology**, [s. l.], 2011.

SANTA-CECÍLIA, F. V.; SANTOS, G. B.; FUZISSAKI, C. N.; DEROGIS, P. B. M. C.; FREITAS, L. A. S.; GONTIJO, V. S.; STRINGHETA, P. C.; NAGEM, T. J.; BRIGAGÃO, M. R. P. L.; SANTOS, M. H. D. 7-epiclusianone, the natural prenylated benzophenone, inhibits superoxide anions in the neutrophil respiratory burst. **Journal of Medicinal Food**, [s. l.], 2012.

SANTA-CECÍLIA, F. V.; VILELA, F. C.; DA ROCHA, C. Q.; DIAS, D. F.; CAVALCANTE, G. P.; FREITAS, L. A. S.; DOS SANTOS, M. H.; GIUSTI-PAIVA, A. Anti-inflammatory and antinociceptive effects of *Garcinia brasiliensis*. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], 2011.

SANTOS JÚNIOR, R. Q. dos; SOARES, L. C.; MAIA FILHO, A. L. M.; SOUSA, K. A. de; SANTOS, Í. M. S. P.; COSTA JÚNIOR, J. S. da; SAFFI, J. Estudo histológico da cicatrização de feridas cutâneas utilizando a banha de bacuri (*Platonia insignis* Mart.). **ConScientiae Saúde**,

[s. l.], 2010.

SARONI ARWA, P.; ZERAIK, M. L.; FARIAS XIMENES, V.; DA FONSECA, L. M.; DA SILVA BOLZANI, V.; SIQUEIRA SILVA, D. H. Redox-active biflavonoids from *Garcinia brasiliensis* as inhibitors of neutrophil oxidative burst and human erythrocyte membrane damage. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], 2015.

SCHAICH, K. M.; TIAN, X.; XIE, J. **Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays**. [S. l.: s. n.], 2015.

SFORCIN, J. M. **Biological Properties and Therapeutic Applications of Propolis**. [S. l.: s. n.], 2016.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic Antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], 1992.

SHANLEY, P.; CLEMENT, C. R.; CARVALHO, J. E. U. de; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A. de. Amazonian fruits: How farmers nurture nutritional diversity on farm and in the forest. *In*: TROPICAL FRUIT TREE DIVERSITY: GOOD PRACTICES FOR IN SITU AND ON-FARM CONSERVATION. [S. l.: s. n.], 2016. p. 147–160.

SHI, F.; WANG, L.; LI, S. Enhancement in the physicochemical properties, antioxidant activity, volatile compounds, and non-volatile compounds of watermelon juices through *Lactobacillus plantarum* JHT78 fermentation. **Food Chemistry**, [s. l.], 2023.

SILVA, M. L. S.; MENEZES, C. C.; PORTELA, J. V. F.; ALENCAR, P. E. B. da S.; CARNEIRO, T. B. Teor de carotenoides em polpas de acerola congeladas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l.], 2013.

SILVA, A. I.; SÁ-FILHO, G.; OLIVEIRA, L.; GUZEN, F.; CAVALCANTI, J.; CAVALCANTE, J. Perfil fitoquímico de extratos etanólicos e metanólicos do *Croton blanchetianus*. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [s. l.], 2021.

SILVA, C. P. A. da; SOUZA, A. R. de; OLIVO-NETO, A. M.; LEMES, S. A. de L.; SILVA-ALVES, V. D.; SANTOS FILHO, M. dos; SILVA, D. J. da; CARNIELLO, M. A. Diversidade florística da comunidade arbórea de mata ripária do rio Paraguai em áreas de planalto e Pantanal, Mato Grosso, Brasil. **Research, Society and Development**, [s. l.], 2020.

SOARES, S. E. **Phenolic acids as antioxidants**. [S. l.: s. n.], 2002.

SOLIMAN, G. A. Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. **Nutrients**, [s. l.], 2019.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. de J. M. da; LIMA, A. de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e**

Agrotecnologia, [s. l.], 2011.

SOUZA, A. C.; DE ALVES, M. M. M.; BRITO, L. M.; OLIVEIRA, L. G. D. C.; SOBRINHO-JÚNIOR, E. P. C.; COSTA, I. C. G.; FREITAS, S. D. L.; DA RODRIGUES, K. A. F.; CHAVES, M. H.; ARCANJO, D. D. R.; DE CARVALHO, F. A. A. *Platonia insignis* Mart., a Brazilian Amazonian Plant: The Stem Barks Extract and Its Main Constituent Lupeol Exert Antileishmanial Effects Involving Macrophages Activation. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], 2017.

SOUZA, P. M. De; SANTOS, V. J. Dos; ROTTA, E. M.; VISENTAINER, J. V. **Composição nutricional e atividade antioxidante da fruta nativa Bacupari (*Garcinia brasiliensis*)**. [S. l.: s. n.], 2016.

SOUZA, F. D. C. D. A.; SILVA, E. P.; AGUIAR, J. P. L. Vitamin characterization and volatile composition of camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh, Myrtaceae) at different maturation stages. **Food Science and Technology (Brazil)**, [s. l.], 2021.

STEVENS, P. F. Flowering Plants - Eudicots. In: KUBITZKI, Klaus (org.). **The Families and Genera of Vascular Plants**. v. 9ed. New York: Springer, 2007. p. 48–66.

SU, K.; EE, K. H.; SUN, J.; LIU, S. Q.; LASSABLIERE, B.; FEITER, U.; HUANG, Y.; GOH, R. M. V.; PUA, A.; YU, B. Simultaneous fractionation of multiple classes of polyphenols from honeybush tea using solid-phase extraction. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], 2022.

SUFFNESS; PEZZUTO. Assays related to cancer drug discovery. In: HOSTETTMANN K (Ed), *Methods in plant biochemistry: assays for bioactivity*. **Academic Press, London**, [s. l.], 1990.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, [s. l.], 1988.

TEMBO, D. T.; HOLMES, M. J.; MARSHALL, L. J. Effect of thermal treatment and storage on bioactive compounds, organic acids and antioxidant activity of baobab fruit (*Adansonia digitata*) pulp from Malawi. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], 2017.

TORRES, G. N.; VENDRUSCOLO, M. C.; SANTI, A.; SOARES, V. M.; PEREIRA, P. S. X. Deployment of seedlings pinion meek with different proportions of poultry litter in the substrate. **Revista Verde**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 244–250, 2011.

UDDANDRAO, V.; BRAHMANAIDU, P.; MERIGA, B.; SARAVANAN, G. The potential role of S-allylcysteine as antioxidant against various disorders in animal models. **Oxidants and Antioxidants in Medical Science**, [s. l.], 2016.

VELOSO, C. de C.; SILVA, M. B. da; MEGDA, M. de O.; SANTOS, M. H. dos; GIUSTI-PAIVA, A.; VILELA, F. C. Evaluation of anxiolytic-like effect of 7-epiclusianone isolated from *Garcinia brasiliensis* in mice. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], 2018.

VERDI, L. G.; PIZZOLATTI, M. G.; MONTANHER, A. B. P.; BRIGHENTE, I. M. C.; SMÂNIA JÚNIOR, A.; SMÂNIA, E. D. F. A.; SIMIONATTO, E. L.; MONACHE, F. D. Antibacterial and brine shrimp lethality tests of biflavonoids and derivatives of *Rheedia gardneriana*. **Fitoterapia**, [s. l.], 2004.

WANG, Y.; WU, X.; AN, Y.; XIE, H.; HAO, F.; TANG, H. Quantitative Metabonomic Phenotypes in Different Structures of Mung Bean (*Vigna radiata*) Seeds and Their Germination-Associated Dynamic Changes. **Journal of Proteome Research**, [s. l.], 2020.

WEI, L.; YANG, W.; WANG, J.; TIAN, Q.; HE, Z. Synthesis and characterization of calcium phosphorylated inulin complex as a new source of enriched calcium supplement with prebiotic effect in food. **Food Science and Technology (Brazil)**, [s. l.], v. 39, n. June, p. 237–244, 2019.

WEINBRECK, F.; BODNÁR, I.; MARCO, M. L. Can encapsulation lengthen the shelf-life of probiotic bacteria in dry products?. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], 2010.

WU, L.; CHEN, Y.; PEI, J.; TANG, M.; WANG, S.; LIU, Z. **Tetrahedron** [S. l.: s. n.], 2019.

XU, C.; BAN, Q.; WANG, W.; HOU, J.; JIANG, Z. Novel nano-encapsulated probiotic agents: Encapsulate materials, delivery, and encapsulation systems. **Journal of Controlled Release**, [s. l.], v. 349, n. 600, p. 184–205, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2022.06.061>.

YAACOB, O. ; TINDALL, H. D. Mangosteen cultivation. *In*: [S. l.]: Roma: FAO, 1995. p. 103.

YAMAGUCHI, K. K. L.; PEREIRA, C. V. L.; LIMA, E. S.; JUNIOR, V. F. da V. Química e farmacologia do bacuri (*Platonia insignis*). **Scientia Amazonia**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 39–46, 2014.

YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R.; MACHADO FILHO, J. A.; VALONE, G. de V. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 276–279, 2004.

YUAN, H.; ZHANG, J.; NAGESWARAN, D.; LI, L. **Carotenoid metabolism and regulation in horticultural crops**. [S. l.: s. n.], 2015.

ZAN, R. A.; FERNANDES, Â.; JEDOZ, S.; OLUDEMI, T.; CALHELHA, R. C.; PIRES, T. C. S. P.; ALVES, M. J.; MARTINS, R. C. C.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Bioactive properties and phytochemical assessment of Bacupari-anão (: *Garcinia brasiliensis* Mart.) leaves native to Rondônia, Brazil. **Food and Function**, [s. l.], 2018.

ZHAO, C. N.; MENG, X.; LI, Y.; LI, S.; LIU, Q.; TANG, G. Y.; LI, H. Bin. **Fruits for prevention and treatment of cardiovascular diseases**. [S. l.: s. n.], 2017.

ZHOU, S.; HAN, L.; LU, K.; QI, B.; DU, X.; LIU, G.; TANG, Y.; ZHANG, S.; LI, Y. Whey protein isolate–phytosterols nanoparticles: Preparation, characterization, and stabilized food-grade pickering emulsions. **Food Chemistry**, [s. l.], 2022.

ZITHA, E. Z. M.; MAGALHÃES, D. S.; DO LAGO, R. C.; CARVALHO, E. E. N.; PASQUAL, M.; DE BARROS VILAS BOAS, E. V. Changes in the bioactive compounds and antioxidant activity in red-fleshed dragon fruit during its development. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], 2022.

CORRÊA, M. P.; PENNA, L. A. **Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas**. Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1984.