

CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS DA CASCA DA PITAYA SPP. DA REGIÃO SERRANA DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL: ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT CAPACITY OF PITAYA SPP. PEEL EXTRACTS FROM THE MOUNTAIN REGION OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL: A COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT EXTRACTION METHODS

Thaynara Fardin dos Santos¹ 

Eclair Venturini Filho² 

RESUMO: A pitaya (*Hylocereus spp.*) é uma fruta tropical que apresenta elevado potencial nutricional e funcional, destacando-se pela presença de compostos fenólicos e antioxidantes em sua composição. Apesar do crescente consumo da fruta, grande parte de sua casca é descartada como resíduo agroindustrial, embora possa constituir uma importante fonte de compostos bioativos. O presente estudo teve como objetivo comparar a eficiência de diferentes métodos e solventes de extração na obtenção de compostos bioativos presentes nas cascas de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e pitaya branca (*Hylocereus undatus*), bem como avaliar seu potencial antioxidante. As cascas foram submetidas às técnicas de maceração e extração por Soxhlet, utilizando etanol, acetona e clorofórmio como solventes extratores. Os extratos obtidos foram avaliados quanto ao rendimento, caracterização fitoquímica qualitativa e capacidade antioxidante pelo método do DPPH. Os maiores rendimentos foram observados nas extrações realizadas por maceração utilizando etanol, alcançando 65,02% para a pitaya vermelha e 19,84% para a pitaya branca. Os testes fitoquímicos indicaram a presença de polifenóis e flavonoides nos extratos obtidos com etanol e acetona, enquanto os extratos clorofórmicos não apresentaram resultados positivos para as classes analisadas. Nos ensaios antioxidantes, os extratos obtidos por maceração com etanol e acetona apresentaram os maiores percentuais de inibição do radical DPPH. Os resultados demonstram que solventes polares associados à extração a frio favorecem a obtenção de compostos bioativos com potencial antioxidante a partir das cascas de pitaya, evidenciando o potencial de aproveitamento desse resíduo agroindustrial.

Palavras-chave: Pitaya; Compostos Fenólicos; Antioxidantes; Extração Vegetal; Resíduos Agroindustriais.

ABSTRACT: Pitaya (*Hylocereus spp.*) is a tropical fruit with significant nutritional and functional potential due to the presence of phenolic and antioxidant compounds. Although its consumption has increased considerably, most of the peel is discarded as

¹ Centro Universitário Salesiano – UniSales. Vitória/ES, Brasil. thaynarafardin@gmail.com

² Centro Universitário Salesiano – UniSales. Vitória/ES, Brasil. Afiliação atual: Instituto Federal do Espírito Santo – IFES. Vitória/ES, Brasil. eclairv@gmail.com

agro-industrial waste, despite being a potential source of bioactive compounds. This study aimed to compare the efficiency of different extraction methods and solvents in obtaining bioactive compounds from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) and white pitaya (*Hylocereus undatus*) peels, as well as to evaluate their antioxidant potential. The peels were subjected to maceration and Soxhlet extraction using ethanol, acetone, and chloroform as extraction solvents. The obtained extracts were evaluated regarding extraction yield, qualitative phytochemical characterization, and antioxidant activity by the DPPH method. The highest extraction yields were observed for maceration using ethanol, reaching 65.02% for red pitaya and 19.84% for white pitaya. Phytochemical screening indicated the presence of polyphenols and flavonoids in ethanol and acetone extracts, whereas chloroform extracts showed no positive results for the analyzed classes. Antioxidant assays demonstrated that ethanol and acetone extracts obtained by maceration exhibited the highest DPPH radical inhibition percentages. These findings indicate that polar solvents associated with cold extraction techniques favor the recovery of bioactive compounds with antioxidant potential from pitaya peels, highlighting the value of this agro-industrial residue as a source of natural compounds.

Keywords: Pitaya; Phenolic Compounds; Antioxidants; Plant Extraction; Agro-industrial Waste.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem aumentado o interesse por espécies vegetais pouco exploradas comercialmente, especialmente aquelas com potencial nutricional e funcional. Entre elas destaca-se a pitaya, fruto pertencente à família Cactaceae, originário do México e de regiões da América Central e do Sul. A espécie apresenta elevada adaptação a diferentes condições climáticas, resistência a períodos de estiagem e crescente importância econômica no Brasil, especialmente para a agricultura familiar (Utpott *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2021).

A pitaya tem despertado interesse devido à presença de compostos bioativos, como compostos fenólicos, flavonoides, vitaminas e pigmentos naturais, associados à atividade antioxidante. Esses compostos auxiliam na neutralização de radicais livres e têm sido amplamente investigados por seus potenciais benefícios à saúde (García-Cruz *et al.*, 2013; Luu *et al.*, 2021).

Durante o processamento do fruto, entretanto, uma parcela significativa da casca é descartada. Considerando que essa fração corresponde a aproximadamente um terço da massa total da pitaya, seu aproveitamento pode representar uma alternativa para redução de resíduos agroindustriais e agregação de valor à cadeia produtiva. Estudos recentes indicam que as cascas podem apresentar concentrações relevantes de compostos bioativos, tornando-se uma matéria-prima promissora para obtenção de extratos naturais (Esquivel, 2024).

A obtenção desses compostos depende diretamente da técnica de extração empregada e da escolha do solvente. Entre os métodos mais utilizados destacam-se a maceração e a extração por Soxhlet, que apresentam diferenças quanto ao tempo de processamento, temperatura e eficiência de recuperação dos metabólitos vegetais. Além disso, a polaridade do solvente influencia significativamente a extração de compostos fenólicos e flavonoides, sendo etanol, acetona e clorofórmio alguns dos solventes mais empregados em estudos fitoquímicos (Simões *et al.*, 2017; Chemat; Vian, 2014).

Apesar do crescente número de pesquisas envolvendo a pitaya, ainda são limitadas as informações sobre a composição fitoquímica e a capacidade antioxidante dos extratos obtidos a partir de suas cascas, especialmente quando comparadas diferentes técnicas e solventes de extração. Dessa forma, torna-se relevante investigar estratégias que permitam o aproveitamento desse resíduo vegetal e a obtenção de compostos bioativos de interesse científico e tecnológico.

O presente estudo teve como objetivo comparar a eficiência das técnicas de maceração e extração por Soxhlet, utilizando etanol, acetona e clorofórmio como solventes extratores, na obtenção de compostos bioativos presentes nas cascas de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e pitaya branca (*Hylocereus undatus*), avaliando o rendimento das extrações, a presença de metabólitos secundários e a capacidade antioxidante dos extratos obtidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PITAYA

Sendo a fruticultura nacional uma grande parte do potencial de expansão do país, há muitas frutas nativas e exóticas que são muito pouco exploradas economicamente, onde os estudos para expandi-las, na sua maioria, estão em andamento. Embora essas plantas não tivessem sido populares no mercado global por várias décadas, agora estão ganhando popularidade no mercado de frutos exóticos na Europa e nos Estados Unidos, onde vem atraindo cada vez mais a atenção do comércio e seus consumidores, tanto em função do valor nutricional quanto pela divulgação científica, além do possível efeito terapêutico em uma série de funções no organismo. Entre as espécies exóticas mais comuns no Brasil algumas possuem um certo destaque como o doyialis (*Dovyais sp*), mangostão (*Garcinia mangostana*), mangostão amarelo (*Garcinia xanthochymus Hook*), rambutan (*Nephelium lappaceum*) e a pitaya (*Hylocereus undatus*) também está inserida nesse contexto (Assis *et al.*, 2016).

A pitaya é uma espécie de *Cactaceae*, que possui flores únicas, frutos convidativos e atraentes. Principalmente ao que se tratar de seu fruto que por sua vez possui uma aparência única e diferente que atrai muita curiosidade entre a população. Elas podem ser usadas como cerca viva; uma vez que crescem de forma semelhante a algumas espécies de trepadeiras, além de possuir espinhos que funcionam como defesa natural da planta. Seus frutos podem ser consumidos; o que normalmente acontece o com os mesmos *in natura*; além de atraírem para si a atenção do mercado e população em geral devido também ao seu sabor agradável (Esquivel; Araya, 2012).

No Brasil, ainda são poucas as áreas de pitaya cultivadas o que significa que a maioria dos frutos vendidos precisa ser importada, resultando em preços elevados e inacessíveis para a classe média. Na década de 1990, a região de Catanduva no estado de São Paulo foi o principal produtor de *Hylocereus undatus* no Brasil. Entretanto, logo na década de 2000, outras espécies do mesmo gênero, como *Hylocereus undatus*, *Hylocereus polyrhizus*, *Hylocereus setaceus* e *Hylocereus megalanthus*, foram introduzidas ao país além do descobrimento de uma pitaya nativa do Brasil, chamada de pitaya do Cerrado (*Selenicereus setaceus*) (Esquivel; Araya, 2012).

Entrando em um ponto de vista nutricional, a pitaya não nos apresenta um conteúdo diferenciado quando comparado com outras frutas, principalmente frutas tropicais;

mas possui um destaque por seu sabor e textura de polpa; além de sua grande quantidade de sementes, assemelhando-se um pouco ao kiwi (*Actinidia deliciosa*). Com muita umidade e poucos lipídios, esses alimentos podem ajudar a manter uma dieta nutricionalmente equilibrada. Visto que, muitos estudos têm sido feitos e chamando a atenção de diversos pesquisadores e indústrias ao redor do mundo para a sua grande quantidade de compostos bioativos, sendo os principais: pigmentos e compostos fenólicos, que estão frequentemente associadas às defesas vegetais (García-Cruz *et al.*, 2013).

Essas substâncias bioativas, incluindo vitaminas, pigmentos e compostos fenólicos, são principalmente metabólitos secundários que normalmente ajudam as plantas a se proteger contra a radiação ultravioleta, insetos ou patógenos. No entanto, em baixas concentrações, eles desempenham um papel importante como agentes antioxidantes, que retardam ou impedem a oxidação de vários substratos, além disso, é uma boa fonte de vitaminas do complexo B, como vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina) e vitamina B3 (niacina), que são necessárias para o metabolismo energético. Minerais como fósforo, cálcio e ferro também, que ajudam na saúde óssea e na formação de glóbulos vermelhos (Luo *et al.*, 2014).

Como mencionado anteriormente, a pitaya é rica em betalainas, flavonoides e compostos fenólicos, todos conhecidos por suas propriedades antioxidantes. Os antioxidantes ajudam a neutralizar os radicais livres, evitando o dano oxidativo às células e tecidos. A cor vibrante da pitaya é atribuída às betalainas, que também têm uma forte atividade antioxidante. Estudos mostram que os compostos fenólicos da pitaya podem reduzir o risco de diversas doenças. Essas substâncias também têm características anti-inflamatórias, o que ajuda a diminuir a inflamação e promover a saúde geral. O sistema imunológico é fortalecido, a absorção de ferro não-heme é facilitada e a vitamina C presente nas frutas funciona como um forte antioxidante. As fibras dietéticas melhoram a saúde digestiva, mantêm o intestino regular e evitam constipações (Luu *et al.*, 2021).

A inflamação crônica, que está associada a várias condições de saúde, como doenças cardíacas e artrite, pode ser reduzida por compostos anti-inflamatórios. A pitaya também tem propriedades que reduzem os níveis de glicose no sangue, o que pode favorecer pacientes portadores da diabetes tipo 2. Estudos mostram que o consumo regular de pitaya pode aumentar a sensibilidade à insulina e aumentar a glicose no sangue. Uma variedade de substâncias de origem natural conhecidas como flavonoides não é sintetizada pelos humanos. No entanto, uma das muitas qualidades que estes químicos têm é sua capacidade de agir como antioxidantes. Os componentes fenólicos são divididos em: fenóis simples, fenóis compostos e os flavonoides (Mello *et al.*, 2015).

Pesquisas recentes têm focado nas propriedades nutraceuticas da pitaya, investigando seus efeitos na saúde humana. Estudos têm avaliado a capacidade antioxidante e anti-inflamatória da fruta, bem como seu potencial na prevenção de doenças metabólicas. A bioatividade dos compostos fenólicos e betalainas tem sido um tema central, com resultados promissores em relação à saúde cardiovascular e ao controle glicêmico. Pesquisadores também estão explorando o uso de pitaya em formulações de suplementos alimentares e produtos de saúde, aproveitando seus benefícios nutricionais e terapêuticos. A investigação contínua sobre a pitaya e seus componentes bioativos pode levar ao desenvolvimento de novos produtos funcionais e terapias nutricionais, ampliando seu impacto na saúde pública (Singh *et al.*, 2023).

2.2 APROVEITAMENTO INTEGRAL DE ALIMENTOS

O aproveitamento integral dos alimentos constitui uma importante estratégia para a promoção da sustentabilidade e da segurança alimentar, pois contribui para a redução do desperdício e para o melhor aproveitamento dos recursos naturais. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU, 2021), uma parcela significativa dos alimentos produzidos mundialmente é perdida ou desperdiçada ao longo da cadeia produtiva, gerando impactos econômicos, sociais e ambientais.

Nesse contexto, o aproveitamento de partes tradicionalmente descartadas, como cascas, sementes e talos, tem despertado crescente interesse científico devido ao potencial nutricional e funcional desses materiais. Além de reduzir a geração de resíduos, essa prática possibilita a obtenção de compostos bioativos de interesse para diferentes aplicações tecnológicas e alimentícias (Principato *et al.*, 2024).

A casca da pitaya representa aproximadamente um terço da massa total do fruto e, embora seja frequentemente descartada durante o processamento, pode constituir uma fonte relevante de compostos fenólicos, pigmentos naturais e outros metabólitos secundários. Dessa forma, sua utilização está alinhada aos princípios do aproveitamento integral dos alimentos, agregando valor a um resíduo agroindustrial e contribuindo para práticas mais sustentáveis de produção e consumo (Östergren *et al.*, 2023).

Além dos benefícios ambientais, o reaproveitamento de subprodutos vegetais pode favorecer o desenvolvimento de novos ingredientes e matérias-primas para pesquisas científicas e aplicações industriais, promovendo o uso mais eficiente dos recursos disponíveis e reduzindo impactos associados ao descarte inadequado de resíduos orgânicos (Mattioli *et al.*, 2020).

2.3 TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS

A extração de produtos naturais pode envolver várias técnicas, que possuem a finalidade de isolar compostos bioativos que são encontrados nas plantas, microrganismos, animais e ou minerais. Esses compostos são por sua vez, utilizados em indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias, devido às suas propriedades terapêuticas e funcionais, benéficas a saúde. A escolha da técnica de extração depende de muitos fatores como a natureza do produto, sua estabilidade a variações de temperatura, sua solubilidade e qual o objetivo final desse processo (Simões *et al.*, 2017).

A extração por solvente é uma das técnicas mais utilizadas para a extração de compostos naturais, principalmente metabólitos secundários, como alcaloides, flavonoides e terpenos. Consiste na utilização de um solvente (água, etanol, metanol, acetona, hexano, entre outros) para dissolver os compostos de interesse. O solvente é escolhido de acordo com a polaridade do composto a ser extraído. A técnica pode ser realizada de diversas maneiras. Sendo alguns destes percolação, refluxo, arraste a vapor, fluido supercrítico, ultrassônica, Micelas Inversas, assistida por micro-ondas, fermentação, biotransformação, maceração e Soxhlet. Pode-se destacar a maceração por ser um dos métodos mais simples utilizados para extração de produtos naturais onde a amostra da planta é deixada em contato com o solvente por um período, promovendo a solubilização dos compostos. Já o Soxhlet é usado para extrair compostos de uma matriz sólida por solvente. A amostra é colocada em um cartucho

no extrator, e o solvente quente circula continuamente, dissolvendo os analitos de interesse e acumulando-os em um balão de fundo. O processo é repetido até que a extração seja completa, permitindo alta eficiência na obtenção dos compostos-alvo. (Chemat; Vian, 2014).

A escolha da técnica de extração depende de diversos fatores, como a natureza do material a ser processado, o composto de interesse, e as condições ambientais. A extração por solventes continua sendo amplamente utilizada, especialmente por sua simplicidade e versatilidade, mas técnicas mais modernas como a extração com fluido supercrítico e a extração assistida por micro-ondas ganham destaque pela eficiência e menor impacto ambiental. Em termos de pesquisa e inovação, a combinação de diferentes métodos pode levar a uma otimização dos processos de extração, garantindo um maior aproveitamento dos recursos naturais e o desenvolvimento de novos produtos (Sacramento *et al.*, 2024).

2.3.1 Maceração

A obtenção de compostos bioativos a partir de plantas através da extração por maceração é um dos processos mais básicos e convencionais. Neste procedimento, a matéria-prima (normalmente plantas secas ou recém-colhidas) é imersa em um solvente (como água, etanol ou acetona) e deixada em repouso por um tempo estipulado, normalmente de 24 horas; períodos maiores também podem ser estipulados levando em consideração a metodologia a ser incorporada para cada estudo; à temperatura ambiente ou levemente aquecida. A meta é que os compostos pretendidos sejam dissolvidos no solvente. A maceração pode ocorrer em um ambiente estável, ou através da agitação da mistura para intensificar a interação entre o solvente e o material de origem (Santos; Santana, 2022).

2.3.2 Soxhlet

A técnica de extração por Soxhlet, mais eficaz e automatizada, é frequentemente empregada para a extração de compostos de difícil dissolução. Este procedimento requer a utilização de um dispositivo específico, composto por um balão de fundo redondo, um tubo de refluxo e um condensador. O solvente, normalmente aquecido, é continuamente condensado e direcionado à amostra de material vegetal, que é armazenada em um cartucho, possibilitando a extração constante dos compostos pretendidos (Carvalho; Bergamasco; Gomes, 2018).

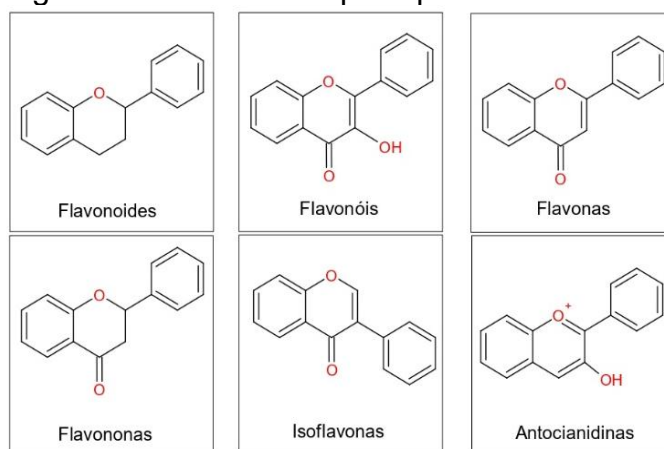
2.4 COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos estão entre as classes mais conhecidas de metabólitos secundários das plantas pois são muito importantes para o sistema de defesa destas. Grande parte dos estudos feitos tem a tendência de relacionar esses compostos com o estresse metabólico gerado por agressores externos e com a parede celular. Além do mais os compostos fenólicos compõem uma parte dos pigmentos presentes nas flores que muitas das vezes desempenham funções como proteção constitutiva contra pragas, moléculas sinais e compostos alelopáticos. Eles também são parte dos componentes estruturais e funcionais da matéria orgânica presente no solo que atuam como quelantes de metais de transição nos organismos vivos. Estes pigmentos naturais muitas vezes são compostos por flavonoides, carotenoides e antocianinas, que além de atribuir a coloração têm uma alta capacidade antioxidante (Abreu *et al.*, 2012).

Uma variedade de substâncias de origem natural conhecidas como flavonoides não é sintetizada pelos humanos. Os flavonoides, os fenóis simples e os fenóis compostos são as três categorias de compostos fenólicos (Mello *et al.*, 2015).

Os flavonoides são divididos em várias subclasses, incluindo flavonóis, flavonas, flavanonas, isoflavonas e antocianinas (Figura 1). As antocianinas são responsáveis pelas cores que variam do vermelho ao azul em frutas e flores, enquanto as antoxantinas, como as flavonas e flavonóis, exibem coloração amarela. Essas substâncias estão frequentemente dissolvidas no vacúolo das células vegetais, contribuindo não apenas para a aparência das plantas, mas também para sua defesa (Mello *et al.*, 2015).

Figura 1: Estrutura dos principais flavonoides.



Fonte: Elaboração própria.

As isoflavonas constituem uma categoria particular de flavonoides, presentes em grandes quantidades em leguminosas como a soja. Fazem parte essencial da alimentação de populações asiáticas há séculos, estando ligadas a diversos benefícios para a saúde. A ingestão de soja e seus produtos derivados têm sido associada à diminuição do risco de diversas enfermidades crônicas, como doenças cardiovasculares, câncer de mama e próstata, e osteoporose. As isoflavonas funcionam como fitoestrógenos, sendo capazes de reproduzir a ação do estrogênio humano, o que explica parte de seus benefícios para a saúde (Mello *et al.*, 2015).

As antocianinas são comumente identificadas como pigmentos que se dissolvem em água. As frutas e flores exibem cores que oscilam entre o vermelho, a púrpura e o azul; além disso, podem ser classificadas como potentes agentes antioxidantes, resguardando as células de danos oxidativos à sua estrutura molecular. As antocianinas também têm diversas propriedades medicinais, incluindo propriedades anti-inflamatórias, cardioprotetoras e anticancerígenas. De acordo com pesquisas, uma alimentação rica em antocianinas pode diminuir o risco de doenças cardiovasculares, aprimorar a função cognitiva e favorecer a saúde dos olhos (Mattioli *et al.*, 2020).

Para além do que já foi citado essas substâncias químicas possuem o potencial de retardar o envelhecimento e melhorar a saúde mental devido ao alto teor de antioxidantes presentes (Adnan; Osman; Abdul, 2011).

Sendo assim, os compostos fenólicos não apenas desempenham funções cruciais nas plantas, mas também oferecem significativos benefícios à saúde humana. Sendo sua

presença em uma dieta balanceada indispensável, visto que pode contribuir para a prevenção de doenças e a promoção da saúde da população em geral, destacando a importância de uma alimentação rica e diversificada em frutas, vegetais e outros alimentos naturais (Havsteen, 2002).

2.5 COMPOSTOS ANTIOXIDANTES

De acordo com Sacramento *et al.* (2023), os antioxidantes são compostos que conseguem atrasar o processo de envelhecimento celular ou melhorar a oxigenação das células. O combate aos radicais livres, também conhecidos como oxigênios singlete, faz dos antioxidantes uma das substâncias mais pesquisadas atualmente, já que o objetivo é alcançar uma vida longa e saudável. São uma variedade de substâncias, incluindo pigmentos naturais, vitaminas, minerais, enzimas e outros compostos vegetais que inibem a atividade dos radicais livres. Do ponto de vista químico, geralmente são compostos aromáticos que contêm pelo menos uma hidroxila (-OH), incluindo terpenos, organosulfurados, compostos fenólicos e outros que compõem vários alimentos.

Determinar o potencial antioxidante de um composto por sua reatividade como receptor de elétrons ou hidrogênio, sua capacidade de deslocar ou estabilizar um elétron desemparelhado. Alguns dos efeitos fisiológicos dos compostos antioxidantes incluem funções antineoplásicas e antimutagênicas, tendo em vista que esses problemas são causados pelos radicais livres. Os antioxidantes atuam como sequestradores de radicais e quelantes de metais, que são derivados de compostos fenólicos ajudam também na iniciação e propagação dos processos oxidativos, como em alimentos ricos em vitamina E (Esquivel; Araya, 2012).

Assim, os antioxidantes possuem a habilidade de inibir a ação dos radicais livres no organismo, seja de forma direta ou indireta, contribuindo para os sistemas enzimáticos. A glutathiona, a vitamina E, o ácido úrico e os carotenoides são compostos antioxidantes. Os estudos sugerem que as sementes e as cascas de certas frutas podem conter mais agentes antioxidantes do que a polpa dessas frutas, o que permite a utilização desses ingredientes na fabricação de antioxidantes naturais (Santos; Andrade, 2022).

Segundo Parcheta *et al.* (2021), a vitamina E é frequentemente encontrada em produtos e cosméticos da indústria farmacêutica devido à sua capacidade de proteger as células contra danos oxidativos vindos de exposição constante ou não a agentes agressores, principalmente a pele, como o "pó preto" e a poluição gerada em grandes metrópoles, outro suplemento vitamínico muito utilizado pela indústria é o ácido ascórbico (vitamina C) destinado a fortalecer o sistema imunológico e melhorar a saúde da pele comuns ao mercado. A glutathiona, também chamada de "antioxidante mestre", é essencial para a desintoxicação celular e é usada em tratamentos para melhorar a função hepática e a saúde geral.

Portanto, os estudos sobre antioxidantes mantêm-se dinâmicos e com grande potencial para diversas áreas, com pesquisadores constantemente explorando novos antioxidantes sintéticos ou naturais além de métodos para sua extração ou criação. Pesquisas recentes analisam antioxidantes presentes em plantas e alimentos, que são vistos como mais eficientes e menos nocivos do que os seus semelhantes sintéticos (Mello *et al.*, 2015).

A indústria farmacêutica investe muito dinheiro em pesquisas para descobrir mais sobre os mecanismos de ação dos antioxidantes e suas interações com outras substâncias biológicas. Para atingir esse objetivo, novos produtos devem ser desenvolvidos para maximizar a bioatividade e a biodisponibilidade dos antioxidantes, tornando-os mais eficazes na promoção da saúde e na luta contra o estresse oxidativo (Esquivel; Araya, 2012).

O ensaio de DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) é frequentemente empregado para medir a eficácia antioxidante de compostos, graças à sua simplicidade e rapidez. O procedimento se fundamenta na eliminação do radical livre DPPH, um composto estável de cor violeta viva em solução. Quando exposto a antioxidantes, o DPPH passa por uma reação de transferência de elétrons, ocasionando uma alteração de cor para amarelo.

3 METODOLOGIA

3.1 SELEÇÃO E ESCOLHA DOS FRUTOS

Foram utilizadas no estudo as variedades de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e branca (*Hylocereus undatus*). Os frutos foram coletados em uma propriedade rural localizada no município de Itarana, Espírito Santo, Brasil (19.918507° S, 40.922352° W). A coleta foi realizada com frutos maduros, em estágio adequado para o consumo, selecionados pelo agricultor (Imagem 1).

Visando obter uma amostra representativa do cultivo, foram selecionados e enumerados 20 indivíduos de cada plantação. A coleta ocorreu por meio de amostragem sistemática, com intervalo de seleção definido como $k = 2$. Dessa forma, colheram-se as plantas de numeração ímpar (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 e 19) para a pitaya branca e as de numeração par (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20) para a vermelha, englobando 50% da população estipulada. Após a etapa de coleta, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos vedados, devidamente identificados, armazenados em caixas térmicas com gelo e transportados para o Laboratório LabSales do Centro Universitário Salesiano (UniSales).

Imagem 1 – Panorama da área de cultivo e estágios de desenvolvimento da pitaya.



Legenda: (1) Botão; (2) Flor; (3) Plantação; (4) Coleta dos frutos.

Fonte: Elaboração própria.

3.2 ARMAZENAMENTO E SECAGEM DA AMOSTRA

Para realizar o armazenamento dos frutos, foram realizados os seguintes processos; as frutas foram higienizadas com água corrente e secas com auxílio de papel toalha,

em sequência foi iniciado o despulpamento total da fruta e em sequência o corte da casca em 6 partes. Por fim as cascas foram novamente acondicionadas em sacolas identificadas e congeladas a -8°C . As cascas foram retiradas do congelador apenas no dia anterior às extrações para passarem pelo processo de secagem em estufa a 80°C , por um tempo entre 12 e 18 horas, até peso constante (Imagem 2). As cascas secas foram retiradas apenas no exato momento em que seriam colocadas ao processo de extração.

Imagem 2 – Processamento de armazenamento e secagem da amostra.



Legenda: (1) Despulpamento; (2) Casca; (3) Casca congelada; (4) Casca em estufa para secagem.
Fonte: Elaboração própria.

3.3 TÉCNICA DE EXTRAÇÃO A FRIO

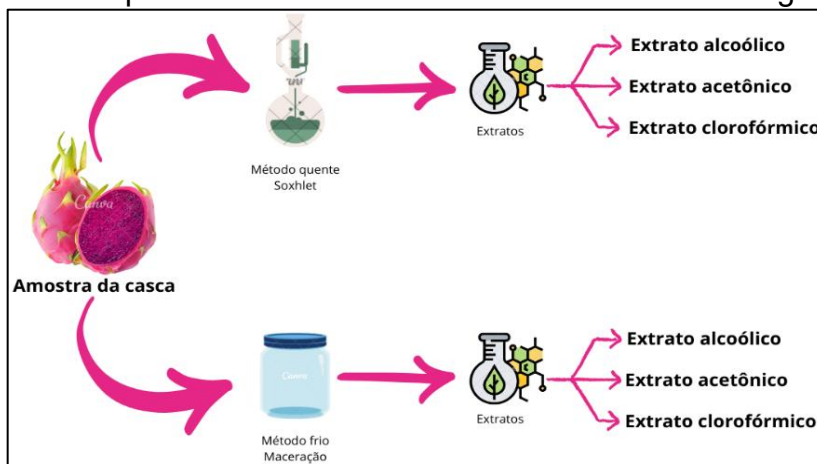
Um dos métodos selecionados para este estudo comparativo foi a maceração. Na maceração foram utilizadas as amostras das cascas separadas para cada um dos solventes escolhidos (etanol, acetona e clorofórmio), sendo utilizados 50mL do solvente por amostra. Uma vez fechado o recipiente e guardado ao abrigo da luz o macerado foi deixado em repouso durante sete dias, agitando-se esporadicamente com um bastão de vidro. A maceração transcorreu à temperatura ambiente ($\sim 25^{\circ}\text{C}$) e ao término do tempo o extrato foi filtrado através de um funil normal e concentrado em evaporador rotatório.

3.4 TÉCNICA DE EXTRAÇÃO A QUENTE

O método de extração à quente via Soxhlet foi realizado com um cartucho extrator contendo as cascas do fruto e com cada um dos solventes (etanol, acetona e clorofórmio) extratores em medidas de 150mL por balão. A amostra utilizada para esta técnica correspondia ao mesmo fruto da maceração, sendo então utilizados os pedaços de casca restantes, as quais foram extraídas em cada um dos 3 solventes, durante 3 ciclos do sistema Soxhlet convencional. Ao término dos 3 ciclos de cada extração, os extratos foram filtrados e concentrados em evaporador rotatório.

Uma visão geral do desenho experimental encontra-se na Figura 2.

Figura 2 - Esquema demonstrando como os extratos foram gerados.



Fonte: Elaboração própria.

3.5 CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA

Os testes fitoquímicos foram realizados de maneira qualitativa, observando-se mudanças de cor e/ou formação de um precipitado, segundo a característica de cada classe de fitoquímicos pesquisados. Foram realizados testes para a detecção de polifenóis, flavonoides e antocianinas conforme descrito na literatura (Matos, 2009).

Para realização do teste qualitativo para presença de polifenóis foi utilizada uma solução a 10% do cloreto férrico, onde foram colocadas de 2-5 gotas dessa solução em 2mL do extrato já rotoevaporado. A mistura foi agitada suavemente de forma manual e observou-se o aparecimento de uma coloração escura; podendo variar entre o verde escuro e marrom; caso a mudança fosse confirmada a reação seria dada como positiva.

Já o teste de Shinoda, que também é conhecido como reação de cianidina, foi utilizado para identificar a presença de flavonoides. Para realizar o teste foram adicionadas 2 mL da amostra a um tubo de ensaio e acrescentado 4 pedaços de magnésio metálico, em seguida foram adicionadas 2 gotas de ácido clorídrico (HCl 1%). Ao final observou-se na amostra a mudança de cor para rosa avermelhada se o teste de for positivo.

Por fim foi feito o teste de Borntrager que é utilizado para identificação de antraquinonas. Foram adicionados 2mL da amostra e em seguida adicionados 4mL de éter etílico, agitando suavemente por 2 minutos; em seguida foram adicionados 2mL de (NH₄OH) 10% e agitado suavemente novamente. Ao final observou-se a coloração da camada aquosa da amostra, tendo mudança de cor para tons de vermelho para o caso de o teste ser positivo.

3.6 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Os ensaios de capacidade antioxidante foram realizados em parceria com o Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Espírito Santo, junto ao Prof. Dr. Rodrigo Rezende Kitagawa e seu aluno de doutorado Rodrigo de Almeida Romagna, onde uma solução de DPPH (2,2-diphenil-1-picrilhidrazila) (SIGMA cod. D9132; St. Louis, MO, USA) foi preparada a 0,004% (p/v) em etanol, seguindo a metodologia de Gülçin, Berashvili, Gepdiremen, (2005), modificada. A uma microplaca de 96 poços foi adicionado 100 µL das amostras em diferentes concentrações (25, 50, 100, 125, 250, 500 µg/mL) e em seguida 200 µL da solução

de DPPH e mantida ao abrigo da luz à temperatura ambiente. Após 30 minutos foi feita a leitura das absorbâncias em 540nm. Como referência de máxima absorção (controle), é realizada leitura com 200 µL da solução de DPPH adicionados de 100 µL de etanol.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos 96 extratos a partir das 16 amostras selecionadas e viáveis para extração. Cada uma das amostras apresentou 6 extratos diferentes; sendo 3 provenientes da metodologia a frio e 3 da metodologia a quente.

As estimativas de rendimento das extrações foram obtidas a partir da massa média dos extratos resultantes de cada técnica (quente ou fria), considerando os diferentes solventes e as variedades de pitaya (vermelha ou branca). O rendimento foi calculado pela razão entre a massa média do extrato e a massa média das amostras de casca, conforme a fórmula: $Rendimento (\%) = (massa\ média\ do\ extrato \times 100) / massa\ média\ da\ amostra\ de\ casca$. Esse cálculo permitiu comparar o rendimento obtido com cada combinação de solvente e técnica de extração. A Tabela 1 apresenta os valores de massa dos extratos obtidos da amostra 2 das variedades de pitaya vermelha e branca, utilizando acetona como solvente, nas extrações a frio e a quente. A análise desses resultados permite observar a influência das condições de extração sobre o rendimento e identificar as combinações que apresentaram maior obtenção de extrato.

Tabela 1 – Massas da casca e do extrato obtidas na amostra 2 (pitaya branca e vermelha), com acetona, nas extrações a frio e a quente

Identificação da amostra	Peso da casca após secagem (g)	Peso do frasco vazio (g)	Peso do frasco com extrato (g)	Peso do extrato (g)
2BAQ	1,0941	23,8106	26,5482	2,7376
2VAQ	3,605	23,3206	24,2896	0,969
2BAF	1,433	23,2932	24,5626	1,2694
2VAF	1,7026	23,5334	24,5018	0,9684

Legenda: (B) pitaya branca, (V) pitaya vermelha, (A) solvente acetona, (Q) extração a quente, (F) extração a frio, (2) identificação da amostra.

Fonte: Elaboração própria.

A avaliação dos resultados das extrações baseou-se nos pesos médios das cascas empregadas na produção dos extratos, possibilitando a determinação do rendimento de cada técnica. Com isso, conseguimos determinar qual solvente, espécie e método se mostrou mais eficiente para a extração. A Tabela 2 realça os resultados de extração alcançados para variadas combinações de solventes e técnicas (quente e frio), demonstrando que algumas espécies e solventes se mostraram mais eficazes. Por exemplo, ao analisar os resultados, observou-se que o uso de etanol e o método de maceração resultaram em rendimentos mais altos, enquanto solventes como o clorofórmio apresentaram rendimentos mais baixos. Essas informações contribuem para estabelecer quais métodos são mais benéficos para a obtenção de compostos bioativos de cada espécie.

Conforme mostrado na Tabela 2 a melhor metodologia para a extração foi à frio, visto que sua porcentagem de rendimento em comparação as demais foi a mais elevada. Essas amostras da extração a frio foram submetidas a 7 dias de contato com o

solvente a temperatura ambiente e ao abrigo da luz, o que pode ser uma explicação para este rendimento. Esse rendimento quando comparado a Souza *et al.* (2021) se mostra satisfatório, ao utilizar as mesmas técnicas que nós, ele obteve rendimentos de 12,68% para a metodologia de maceração e 41,63% para a metodologia de Soxhlet utilizando como solvente o etanol em seus estudos, porém é válido destacar, entretanto que esse rendimento obtido foi para a casca de outro espécime. Enquanto nossos valores para as mesmas metodologias foram de 65,02% e 19,84% para maceração e 32,62% e 22,17% para o Soxhlet. Logo nossos estudos mostram um rendimento maior na técnica de maceração quando comparado a Souza *et al.* (2021).

Além disso o melhor solvente extrator foi o etanol, que já é considerado um solvente padrão para extração de produtos naturais, visto que é amplamente utilizado no preparo de tinturas, florais, destilações e preparações que possuem como origem dos princípios ativos as plantas como atestado por Simões *et al.* (2017), onde o mesmo aborda sobre o tema de farmacognosia, mostrando as metodologias mais usuais para a extração em plantas e quais seus principais solventes utilizados.

Tabela 2 – Rendimento de extração (%) segundo o solvente, a técnica de extração e a variedade de pitaya

Solvente/método de extração		Rendimento extração (%)	
		Vermelha	Branca
Acetona	Quente	36,45%	18,20%
	Frio	61,72%	18,60%
Etanol	Quente	32,62%	22,17%
	Frio	65,02%	19,84%
Clorofórmio	Quente	21,26%	10,21%
	Frio	10,54%	9,97%

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram que a eficiência da extração foi influenciada tanto pelo método empregado quanto pelo solvente utilizado. De modo geral, a maceração apresentou os maiores rendimentos para ambas as espécies avaliadas, destacando-se os extratos obtidos com etanol, que alcançaram rendimentos de 65,02% para a pitaya vermelha e 19,84% para a pitaya branca.

O maior rendimento observado para a maceração pode estar relacionado ao maior tempo de contato entre o solvente e a matriz vegetal, favorecendo a difusão e a solubilização dos compostos presentes nas cascas. Além disso, a ausência de aquecimento reduz a possibilidade de degradação de compostos termossensíveis, contribuindo para uma recuperação mais eficiente dos metabólitos de interesse.

Entre os solventes avaliados, o etanol apresentou o melhor desempenho, corroborando sua ampla utilização na extração de compostos bioativos de origem vegetal. Esse solvente apresenta elevada capacidade de solubilização de compostos fenólicos e flavonoides, além de baixa toxicidade e ampla aplicação nas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética.

Observou-se ainda que a pitaya vermelha apresentou rendimentos superiores aos observados para a pitaya branca em praticamente todas as condições avaliadas. Esse

comportamento pode estar relacionado à maior concentração de compostos fenólicos e pigmentos naturais presentes na espécie, característica frequentemente associada à intensa coloração avermelhada observada em seus frutos.

Tabela 3 – Resultados dos testes fitoquímicos (polifenóis, flavonoides e antraquinonas) nos extratos de pitaya vermelha e branca, por solvente extrator.

Solvente extrator	Espécie	Cloreto férrico (Polifenóis)	Shinoda (Flavonoides)	Bornträger (Antraquinonas)
Acetona	Vermelha	++	+	-
	Branca	++	+	-
Etanol	Vermelha	+	+	-
	Branca	+	+	-
Clorofórmio	Vermelha	-	-	-
	Branca	-	-	-

Legenda: (++) reação fortemente positiva; (+) reação positiva; (-) reação negativa.
 Fonte: Elaboração própria.

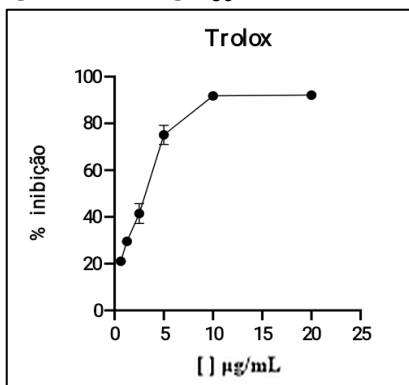
Os testes fitoquímicos qualitativos evidenciaram a presença de polifenóis e flavonoides nos extratos obtidos com etanol e acetona para ambas as espécies avaliadas. Em contrapartida, os extratos obtidos com clorofórmio não apresentaram resultados positivos para as classes investigadas.

A predominância de resultados positivos nos testes de cloreto férrico e Shinoda sugere que os compostos fenólicos constituem uma parcela importante dos metabólitos presentes nas cascas de pitaya. Esses resultados corroboram estudos anteriores que descrevem a presença de flavonoides e compostos fenólicos em diferentes espécies do gênero *Hylocereus*.

A ausência de resultados positivos nos extratos clorofórmicos pode ser explicada pela baixa afinidade entre os compostos fenólicos e solventes de caráter apolar. A polaridade do solvente exerce influência direta sobre o perfil químico dos compostos extraídos, sendo os solventes polares mais eficientes na recuperação de substâncias fenólicas e flavonoides.

Em relação às antraquinonas, nenhum dos extratos apresentou resultado positivo no teste de Bornträger. Esse resultado indica que tais compostos não foram detectados nas condições experimentais empregadas ou encontram-se presentes em concentrações inferiores ao limite de detecção do método utilizado.

Gráfico 1 - CE₅₀ do Trolox

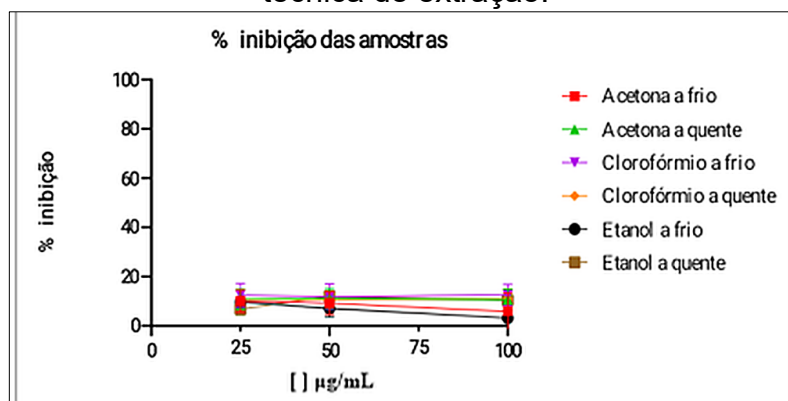


Fonte: Elaboração própria.

Para realizar as análises um dos extratos obtidos foi submetido ao teste, onde foram feitos dois ensaios com alíquotas de respectivamente 25,50,100 µg/mL e 125,250,500 µg/mL. As amostras foram colocadas em uma placa de 100 poços juntamente a solução de DPPH e ao controle Trolox em repouso durante 30 minutos, após esse tempo foi feita a leitura em espectrofotômetro a 540nm (Gráficos 2 e 3).

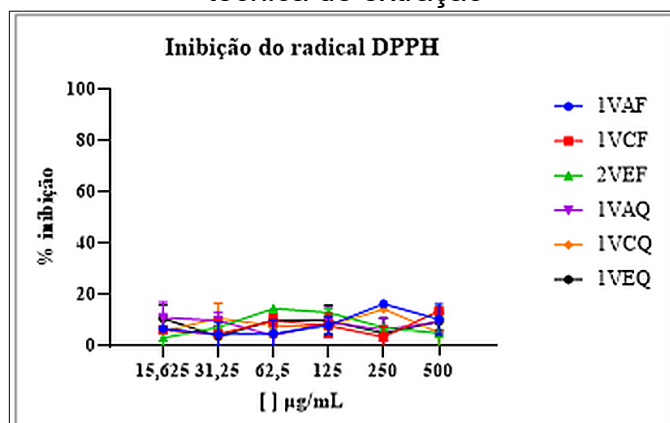
Observou-se que os extratos obtidos com acetona a frio e etanol a frio apresentaram maior destaque, coincidindo com as extrações de maior rendimento e demonstrando maior capacidade antioxidante. Esses resultados indicam que esses extratos apresentam potencial para estudos posteriores, utilizando diferentes técnicas de extração e purificação, a fim de avaliar e aprimorar essa atividade. Em comparação com Abreu *et al.* (2012), que obtiveram resultado próximo a 10% de capacidade antioxidante, os extratos analisados neste estudo apresentaram valores próximos a 20%. Essa diferença pode estar relacionada às condições e metodologias empregadas na obtenção dos extratos.

Gráfico 2 – Percentual de inibição pelos extratos de pitaya branca, por solvente e técnica de extração.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 3 – Percentual de inibição pelos extratos de pitaya vermelha, por solvente e técnica de extração



Fonte: Elaboração própria.

Os ensaios de atividade antioxidante demonstraram que os extratos obtidos por maceração utilizando etanol e acetona apresentaram os maiores percentuais de inibição do radical DPPH, alcançando valores próximos de 20%. Esses resultados coincidem com os maiores rendimentos de extração observados para os mesmos tratamentos, sugerindo uma possível relação entre a recuperação de compostos fenólicos e a atividade antioxidante apresentada pelos extratos.

A atividade antioxidante observada pode ser atribuída à presença de flavonoides e polifenóis identificados nos testes fitoquímicos qualitativos. Essas classes de metabólitos secundários são amplamente reconhecidas por sua capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio e atuar na redução de processos oxidativos.

Embora os resultados demonstrem potencial antioxidante promissor, é importante destacar que este estudo realizou apenas análises qualitativas dos compostos presentes nos extratos. Dessa forma, investigações futuras envolvendo técnicas cromatográficas, como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) ou cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS), poderão contribuir para a identificação e quantificação dos compostos responsáveis pela atividade observada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que a eficiência da extração dos compostos bioativos presentes nas cascas de pitaya foi influenciada tanto pelo método de extração quanto pelo solvente empregado. A maceração associada ao uso de solventes polares, especialmente o etanol, apresentou os maiores rendimentos de extração para ambas as espécies avaliadas.

Os testes fitoquímicos evidenciaram a presença de compostos fenólicos e flavonoides nos extratos etanólicos e acetônicos, enquanto os extratos obtidos com clorofórmio não apresentaram resultados positivos para as classes investigadas. Esses resultados reforçam a influência da polaridade do solvente na recuperação de metabólitos bioativos presentes na matriz vegetal.

Nos ensaios de atividade antioxidante, os extratos obtidos por maceração com etanol e acetona apresentaram os maiores percentuais de inibição do radical DPPH,

sugerindo uma relação entre a presença de compostos fenólicos e a atividade antioxidante observada.

Dessa forma, as cascas de pitaya demonstram potencial como fonte de compostos bioativos de interesse científico, além de representarem uma alternativa para o aproveitamento de resíduos agroindustriais. Entretanto, são necessários estudos complementares que incluam análises quantitativas e técnicas cromatográficas mais específicas, visando à identificação e quantificação dos compostos presentes nos extratos e à ampliação do conhecimento sobre suas propriedades biológicas.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. C. de. *et al.* **Características físico-químicas e atividade Antioxidante total de pitaias vermelha e branca.** Ver Inst Adolfo Lutz, São Paulo, v. 4, n. 71, p. 656-661, set. 2012. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial71_4_completa/1518.pdf. Acesso em: 26 mar. 2024.

ADNAN, L.; OSMAN, A.; ABDUL HAMID, A. Antioxidant activity of different extracts of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed. **International Journal of Food Properties**, v. 14, n. 6, p. 1171-1181, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942911003592787>. Acesso em: 6 nov. 2024.

ASSIS, J. G. de A. *et al.* Plantas alimentícias não convencionais na Bahia: uma rede em consolidação. **Agriculturas**, Bahia, v. 2, n. 13, p. 17-20, jun. 2016. Disponível em: https://aspta.redelivre.org.br/files/2016/08/Agriculturas_V13N2-Artigo02.pdf. Acesso em: 12 maio 2024.

CARVALHO, M. T.; BERGAMASCO, R.; GOMES, R. G. Métodos de extração de compostos bioativos: aproveitamento de subprodutos na agroindústria. **Revista UNINGÁ Review**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 66-84, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/download/1534/1671/6137>. Acesso em: 7 nov. 2024.

CHEMAT, F.; ABERT VIAN, M.; CRAVOTTO, G. Green extraction of natural products: concept and principles. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 7, p. 8615-8627, 2012. DOI: 10.3390/ijms13078615. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/13/7/8615>. Acesso em: 14 out. 2024.

ESQUIVEL, P.; ARAYA-FARIAS, M. Chemical composition and antioxidant capacity of pitaya (*Hylocereus spp.*) fruit grown in Costa Rica. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2012. DOI: 10.1016/j.jfca.2012.06.004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/235910659>. Acesso em: 16 jul. 2024.

GARCÍA-CRUZ, L. *et al.* Physical, chemical, and antioxidant activity characterization of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) fruits. **Plant Foods for Human Nutrition**, [S. l.], v. 68, n. 4, p. 403-410, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24142131/>. Acesso em: 27 out. 2024.

GÜLÇİN, İ.; BERASHVILI, L.; GEPIREMEN, A. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankenensis* decne. **Journal of**

Ethnopharmacology, v. 101, n. 1-3, p. 287-293, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15964162/>. Acesso em: 25 out. 2024.

HAVSTEEN, B.H. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 96, n. 2-3, p. 67-202, 2002. DOI: 10.1016/S0163-7258(02)00298-X. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12453566/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

LUO, H. *et al.* Chemical composition and in vitro evaluation of the cytotoxic and antioxidant activities of supercritical carbon dioxide extracts of pitaya (dragon fruit) peel. **Chemistry Central Journal**, [S. l.], v. 8, n. 1, 2014. Disponível em: <https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/1752-153X-8-1>. Acesso em: 14 mar. 2024.

LUU, T.-T.-H. *et al.* Dragon fruit: a review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 39, n. 2, p. 71-94, 2021. DOI: 10.17221/139/2020-CJFS. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/350133783>. Acesso em: 15 maio 2024.

MATTIOLI, R. *et al.* Anthocyanins: a comprehensive review of their chemical properties and health effects on cardiovascular and neurodegenerative diseases. **Molecules**, v. 25, n. 17, p. 3809, 2020. DOI: 10.3390/molecules25173809. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/17/3809>. Acesso em: 18 ago. 2024.

MELLO, F. R. *et al.* Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 323-328, fev. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140548>. Acesso em: 24 out. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Sustainable development goal 12: ensure sustainable consumption and production patterns. 2021. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ÖSTERGREN, D. *et al.* Gastronomy: an overlooked arena for the cultivation of sustainable meaning? **Challenges**, v. 14, n. 4, p. 41, 2023. DOI: 10.3390/challe14040041. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-1547/14/4/41>. Acesso em: 24 out. 2024.

PARCHETA, M. *et al.* Recent developments in effective antioxidants: the structure and antioxidant properties. **Materials**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 1984, 2021. DOI: 10.3390/ma14081984. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33921014/>. Acesso em: 25 mar. 2024.

PRINCIPATO, L. *et al.* The role of food waste awareness and sustainability in the food industry. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**, v. 9, n. 4, p. 1373-1381, abr. 2024. DOI: 10.38124/ijisrt/IJISRT24APR1682. Disponível em: <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24APR1682>. Acesso em: 6 ago. 2024.

SACRAMENTO, V. de M. *et al.* **Métodos para determinação de capacidade antioxidante**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2023. DOI: 10.22533/at.ed.076230302. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/721277/1/metodos-para-determinacao-de-capacidade-antioxidante.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2024.

SANTOS, I. C.; ANDRADE, L. G. O papel dos antioxidantes na prevenção de doenças. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 906-916, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i3.4663. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4663>. Acesso em: 7 jul. 2024.

SANTOS, M. R. C. *et al.* Extração assistida por ultrassom de casca de pitaya vermelha: fenólicos totais e capacidade antioxidante. **Higiene Alimentar**, v. 33, n. 288/289, p. 1459-1462, 2019. Disponível em: https://higienealimentar.com.br/wp-content/uploads/2020/08/Anais-Higienistas-2019_VERS%C3%83O-ATUALIZADA-FINAL_compressed.pdf. Acesso em: 6 nov. 2024.

SANTOS, T. R. J.; SANTANA, L. C. L. A. Conventional and emerging techniques for extraction of bioactive compounds from fruit waste. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 25, e2021130, 2022. DOI: 10.1590/1981-6723.13021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/3p3TDK7XSfdP6fT6t7ZYNHt/?format=pdf>. Acesso em: 6 nov. 2024.

SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/315772641>. Acesso em: 15 set. 2024.

SINGH, G. *et al.* Anti-inflammatory, antioxidant, and other health effects of dragon fruit and potential delivery systems for its bioactive compounds. **Pharmaceutics**, v. 15, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/366834581>. Acesso em: 6 nov. 2024.

SOUZA, M. E. A. O. *et al.* Determinação da capacidade antioxidante do extrato do pó da casca do abacaxi aplicando diferentes técnicas de extração. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e155101018574, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.185741>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353811103_Determinacao_da_capacidade_antioxidante_do_extrato_do_po_da_casca_do_abacaxi_aplicando_diferentes_tecnicas_de_extracao. Acesso em: 3 de setembro de 2024.