



Caracterização química de partes comestíveis não convencionais de frutos de pitayas cultivadas por agricultores familiares em Campo Grande, Mato Grosso do Sul

Chemical characterization of non-conventional edible parts of pitayas fruits grown by family farmers in Campo Grande, Mato Grosso do Sul

P. G. Silva*; A. K. M. Oliveira; R. Matias

Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade Anhanguera-Uniderp,
79003-010, Campo Grande-MS, Brasil

*pamellasdepp@hotmail.com

(Recebido em 22 de outubro de 2024; aceito em 25 de julho de 2025)

A utilização de partes comestíveis não convencionais de plantas, normalmente desprezadas, poderia ser de grande importância em relação à obtenção de nutrientes necessários para uma dieta saudável. Um exemplo de um fruto que tem essas partes desperdiçadas é a pitaya (*Selenicereus* spp.). Dessa forma, objetivou-se realizar a caracterização química das cascas, bem como o doseamento de compostos fenólicos e flavonoides, com frutos coletados em áreas de agricultura familiar, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. A análise biométrica das cascas realizou-se por meio de 14 exemplares por amostra, avaliando massa fresca, massa seca e espessura das cascas. Extratos foram submetidos à análise fitoquímica, com o objetivo de indicar a presença ou ausência de metabólitos secundários. Os resultados da análise biométrica destacaram *S. undatus* casca vermelha e *S. costaricensis*, por possuírem as maiores médias em todas as variáveis. A fitoquímica indicou um número significativo de metabólitos secundários com atividade biológica benéfica à saúde humana, com destaque para os compostos fenólicos e flavonoides. Entretanto, nem todas as cascas poderiam ser consumidas, pois, algumas apresentam frequência positiva parcial ou alta de heterosídeos cardiotônicos ou fortemente positiva de saponinas. Sendo assim, a espécie com maior potencial de uso de suas cascas seria *Selenicereus megalanthus*, com baixos teores de heterosídeos, taninos e ausência de saponinas, embora com pequena produção de matéria fresca ou seca. Ao final, levando-se em consideração a probabilidade de encontrar frutos com concentrações inadequadas de metabólitos que podem causar problemas, não seria recomendado seu consumo.

Palavras-chave: fitoquímica de cascas, Cactaceae, *Selenicereus* spp.

The use of non-conventional edible parts of plants, normally neglected, could be of great importance in relation to obtaining the necessary nutrients for a healthy diet. An example of a fruit that has these parts wasted is pitaya (*Selenicereus* spp.). In this way, the objective was to carry out the chemical characterization of barks, as well as to measure phenolic compounds and flavonoids, with fruits collected in family farming areas, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. The biometric analysis of the barks was carried out using 14 specimens per sample assessing fresh mass, dry mass and thickness of the barks. Extracts were subjected to phytochemical analysis, wet, through a series of reactions, aiming to indicate the presence or absence of secondary metabolites. The results of the biometric analysis highlighted the species *S. undatus* (red bark) and *S. costaricensis*, for having the highest averages in all variables. Phytochemistry indicated a significant number of secondary metabolites with biological activity beneficial to human health, with emphasis on flavonoid phenolic compounds. However, not all barks could be consumed, as some have a partial positive or high frequency of cardiotonic heterosides or strongly positive of saponins. Therefore, the species with the greatest potential for using its barks would be *Selenicereus megalanthus* (low levels of heterosides, tannins and absence of saponins, although with a small production of matter). In the end, taking into account the probability of finding fruits with inadequate concentrations of metabolites that can cause problems, its consumption would not be recommended.

Keywords: phytochemistry of bark, Cactaceae, *Selenicereus* spp.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano necessita de uma alimentação saudável e rica em nutrientes, necessária para se manter em boas condições de saúde e com qualidade de vida. Além das fontes convencionais para o consumo dos nutrientes necessários para o corpo, partes vegetais comumente desprezadas também podem proporcionar uma dieta rica, além de diminuir o gasto com a alimentação, aproveitando de forma integral os alimentos [1].

O desperdício de excedentes orgânicos tornou-se uma prática comum na sociedade, pois geralmente se desconhece o valor nutricional da grande maioria dos alimentos no que diz respeito às suas partes não convencionais, tais como como talos, cascas e folhas [1, 2], normalmente descartados. Sua utilização seria importante, já que o lixo orgânico representa a maior parte de todo o resíduo produzido no país [3]. Sua redução, além de contribuir para a preservação ambiental, pode proporcionar uma importante fonte de vitaminas e minerais, complementando a dieta da população [2].

Um exemplo de fruto que tem as partes comestíveis não convencionais desperdiçadas é a pitaya (*Selenicereus* spp.), Cactaceae nativa de regiões da América Central e do Sul, que vem apresentando um aumento significativo em seu cultivo no Brasil [4-7], e que possui importantes compostos nutracêuticos [8, 9]. Contudo, pouco se sabe a respeito das propriedades químicas das cascas dos frutos em razão da escassez de estudos que apontem a presença e importância dos constituintes, o que corroborou seu desperdício. Dessa forma, objetivou-se realizar a biometria e identificação de metabólitos secundários, doseamento de compostos fenólicos e flavonoides e identificação de pH, sólidos solúveis e condutividade elétrica, com o objetivo de contribuir com informações que valorizem e difundam sua utilização como fonte de nutrientes não convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de coleta

O local de coleta é o município de Campo Grande – Mato Grosso do Sul (20°24'36"S; 54°43'54"O), com altitude média de 547 metros. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, e as condições climáticas apresentaram temperatura mínima de 21,1 °C, máxima de 34,5 °C e média de 30,4 °C, com precipitação média mensal de 16,2 milímetros [10]. Os cultivos nos quais os frutos foram coletados receberam adubação orgânica (vermicomposto), elaborado com resíduos do rúmen de bovinos sob a ação das minhocas vermelhas-da-califórnia (*Eisenia foetida*).

2.2 Espécies e coleta dos frutos

Os frutos foram obtidos em cultivos de agricultura familiar, com plantas identificadas de acordo com a nomenclatura de Ortiz-Hernández e Carrillo-Salazar (2012) [11] e Faleiro e Junqueira (2022) [12], sendo que *S. polyrhizus* var. Makisupa é uma das poucas espécies que possui uma variedade reconhecida [13]. Ao final foram avaliadas cinco espécies, uma variedade (*S. polyrhizus* var. Makisupa) e uma espécie com variação genética na cor das cascas (*S. undatus*, casca vermelha e casca amarela) (Tabela 1).

*Tabela 1: Espécies de pitaya (*Selenicereus* spp.) e variações cultivadas por agricultores familiares em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.*

Identificação	
SUv	<i>Selenicereus undatus</i> (Haw.) D.R. Hunt (casca vermelha e polpa branca)
SUa	<i>Selenicereus undatus</i> (casca amarela e polpa branca)
SP	<i>Selenicereus polyrhizus</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose (casca vermelha e polpa vermelha)
SPm	<i>Selenicereus polyrhizus</i> var. Makisupa (casca vermelha e polpa vermelha)
SS	<i>Selenicereus setaceus</i> (Salm-Dyck) Berg (casca vermelha e polpa branca)
SM	<i>Selenicereus megalanthus</i> (K. Schum ex Vaupel) (casca amarela e polpa branca)
SC	<i>Selenicereus costaricensis</i> (Weber) D.R.Hunt (casca vermelha e polpa-vermelha)

A coleta de frutos (14 por espécie/variação) foi manual e aleatória, evitando-se indivíduos localizados nas bordas dos cultivos, de matrizes com idade fisiológica similar. Os frutos foram lavados, acondicionados em sacos de papel, identificados e transportados para o Laboratório de Pesquisa. Em laboratório as cascas foram retiradas com auxílio de faca de inox, medidas, pesadas e secas em estufa (50 °C), até massa seca constante. O material obtido foi fragmentado com auxílio de tesoura de poda e posteriormente triturado em moinho elétrico, com o pó obtido armazenado em frascos de vidro âmbar hermeticamente fechados, rotulados e guardados em geladeira, até a preparação dos extratos.

2.3 Biometria dos frutos

A análise biométrica das cascas (médias) realizou-se mediante três variáveis, sendo: a) massa fresca da casca (g); (b) massa seca da casca (g), utilizando balança de precisão; e c) espessura da casca (mm), por meio de paquímetro digital. Os dados foram analisados por meio do programa estatístico AgroEstat [14], em nível de 5% de probabilidade, e, quando significativo, realizou-se o teste de média de Tukey, em nível de 5% ($p < 0,05$).

2.4 Obtenção dos extratos

A obtenção dos extratos hidroetanólicos foi realizada pesando-se 6 gramas do material seco e moído de cada grupo avaliado. A extração ocorreu em duas etapas: (1) em aparelho de ultrassom por 60 minutos; e (2) 24 horas de extração por maceração estática (temperatura ambiente) até exaustão. As soluções resultantes, após filtração, foram concentradas, e o solvente, eliminado por meio de evaporação, fornecendo os extratos brutos [15].

2.5 Análise fitoquímica

Foram preparadas soluções a 20%, com procedimento de análises seguindo as metodologias de Matos (2009) [16] e Simões et al. (2017) [17], determinando-se as seguintes classes de metabólitos secundários: compostos fenólicos, taninos, flavonoides, antocianinas, antocianidinas, flavonas, flavonóis, xantonas, chalconas, auronas, cumarinas, antraquinonas, triterpenos, esteroides, heterosídeos cardiotônicos e cianogênicos, saponinas e, açúcares redutores. Para confirmar a presença ou ausência de saponinas, empregou-se o teste do índice afrosimétrico, adaptado de Athayde et al. (2017) [18], com leitura baseada em Fontoura et al. (2015) [19].

As análises foram realizadas por via úmida, por meio de uma série de reações executadas em triplicata, com resultados comparados observando a alteração de cor e/ou precipitação perante o controle [20]. Como padrão, para amostras com intensa cor e/ou precipitação, adotou-se a seguinte escala: 0% frequência negativa, 5% frequência positiva baixa, 10% frequência positiva

leve, 25% frequência positiva moderada, 50% frequência positiva parcial, 75% frequência positiva alta e, 100% frequência fortemente positiva, adaptando-se procedimentos de Fontoura et al. (2015) [19].

Para a análise multivariada dos metabólitos secundários identificados nas cascas de *Selenicereus* spp., elaborou-se um mapa de calor com agrupamento hierárquico (*heatmap* com *hierarchical clustering*). A matriz de dados foi previamente normalizada e representada visualmente para evidenciar padrões de similaridade entre os tratamentos e os compostos. O agrupamento realizou-se com base na distância euclidiana e no método de ligação completa (complete linkage), o que permite identificar agrupamentos consistentes de compostos com perfis fitoquímicos semelhantes. A visualização desenvolveu-se no software R (Versão 1.0.13.2024), por meio do pacote pheatmap [21].

2.6 Determinação de compostos fenólicos e flavonoides

Os extratos foram utilizados para determinação de fenóis totais, seguindo o Método Folin-Ciocalteu e como padrão, utilizou-se o ácido gálico (10 a 350 mg/mL) [22]. Os flavonoides foram avaliados pelo método de cloreto de alumínio, tendo como padrão a quercetina para a construção a curva de calibração [23]. Analisaram-se os dados por meio do programa estatístico AgroEstat [14] e, quando significativos, realizou-se o teste de média de Tukey, em nível de 5% ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biometria das cascas

Com relação à massa fresca das cascas, os valores obtidos por fruto variaram entre 7,6 e 118,7 g, massa seca, 1,5 e 5,3 g e, espessura, 1,4 e 1,6 mm, com destaque para *S. costaricensis* e *S. undatus* casca vermelha em todos os parâmetros, estatisticamente iguais, seguidos por *S. polyrhizus* (Tabela 2). Entre os parâmetros, a espessura da casca foi a que apresentou menor variação entre os diferentes frutos (Tabela 2).

Tabela 2: Biometria das cascas de frutos de pitayas obtidas de agricultores familiares, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

<i>Selenicereus</i> spp.	Massa fresca (g)	Massa seca (g)	Espessura (mm)
<i>Selenicereus undatus</i> - vermelha	114,5 ab	10,5 a	5,0 a
<i>Selenicereus setaceus</i>	31,5 c	4,8 cd	1,6 c
<i>Selenicereus megalanthus</i>	17,9 d	1,5 e	3,0 b
<i>Selenicereus polyrhizus</i>	90,7 b	8,0 b	3,9 b
<i>Selenicereus polyrhizus</i> Makisupa	7,6 e	6,5 c	1,4 c
<i>Selenicereus costaricensis</i>	118,7 a	9,7 a	5,3 a
<i>Selenicereus undatus</i> – amarela	36,8 c	4,1 d	3,4 b
DMS (5%)	26,1	2,4	2,7
Desvio Padrão	13,0	1,2	1,3
Coeficiente de Variação	19,90	18,8	39,9

Médias acompanhadas por mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

As médias mais baixas ocorreram nas espécies *S. megalanthus* e *S. polyrhizus* Makisupa (massa fresca), *S. setaceus*, *S. megalanthus* e *S. undatus* casca amarela (massa seca) e *S. setaceus* e *S. polyrhizus* Makisupa (espessura), indicando cascas finas e menor massa.

3.2 Análise fitoquímica

A análise realizada com os extratos das cascas revelou a presença de nove classes de metabólitos secundários, embora nem todos estivessem presentes em todas as espécies ou com igual intensidade (Figura 1). Compostos fenólicos, flavonoides, cumarinas livres, triterpenos e açúcares redutores destacaram-se por sua maior frequência e relevância funcional, especialmente nas cascas de *S. polyrhizus*, *S. undatus* (casca vermelha) e *S. costaricensis*. Esses metabólitos possuem reconhecida importância para a manutenção da saúde humana, em razão de suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e imunomoduladoras [24]. Os taninos e esteroides não se destacaram, com frequência negativa, baixa, leve ou moderada (< 5%), o que indica seu pequeno potencial como metabólitos benéficos ou maléficos à saúde.

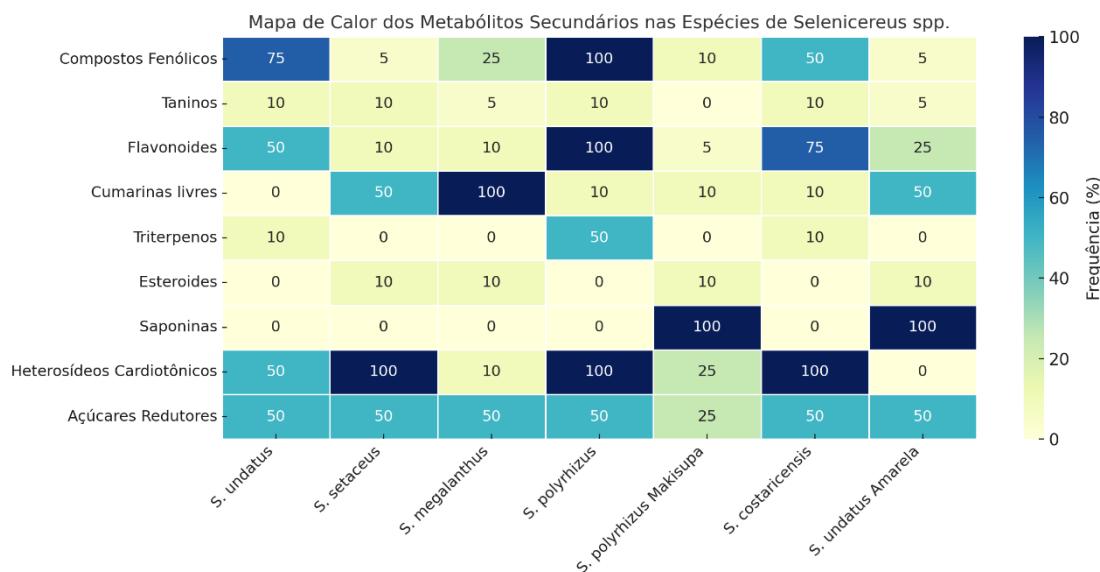


Figura 1: Caracterização química (%) dos extratos hidroetanólicos das cascas de pitayas (*Selenicereus* spp.) cultivadas em regime de agricultura familiar, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

Com relação ao potencial de uso das cascas, como um item que apresenta metabólitos importantes para a manutenção da saúde, pode-se destacar a presença de compostos fenólicos, flavonoides, cumarinas livres e triterpenos, além dos açúcares redutores, fundamentais para o paladar, com frequência positiva parcial para quase todas as espécies (exceção para *S. polyrhizus*, com menor intensidade). A frutose, glicose, lactose e maltose são açúcares redutores, importantes por fornecer energia para as células do organismo [9], além de propiciar a sensação de prazer ao consumir determinados alimentos.

Para os compostos fenólicos, destacaram-se *S. polyrhizus* — 100% de intensidade, 75% — *S. undatus* casca vermelha e 50% — *S. costaricensis*. Para flavonoides, 100% — *S. polyrhizus*, 75% — *S. costaricensis* e 50% — *S. undatus* casca vermelha. No caso das cumarinas, 100% — *S. megalanthus* e *S. setaceus* e, 50% — *S. undatus* casca amarela. Por sua vez, para triterpenos, 50% — *S. polyrhizus*. Por fim, com relação a açúcares redutores, 50% — *S. undatus*, *S. polyrhizus*, *S. costaricensis*, *S. setaceus* e *S. undatus* casca amarela. Essas classes de metabólitos podem ser consideradas um importante grupo para a manutenção da saúde humana [25, 26].

Dessa maneira, considera-se que as cascas da espécie *S. polyrhizus* seriam interessantes, por sua alta intensidade de compostos fenólicos e flavonoides, além da presença de triterpenos e açúcares. Também as espécies *S. undatus* casca vermelha e *S. costaricensis* se destacam em razão de maior intensidade de flavonoides.

Os flavonoides fazem parte do grupo dos compostos fenólicos e despertaram grande interesse econômico e ecológico [19], possuindo capacidade antioxidante, entre outras ações. Segundo Wu et al. (2006) [8], substâncias antioxidantes ocupam um importante papel na saúde por terem efeitos na modulação de processos oxidativos no organismo. Vijayakumar et al. (2020) [27] descrevem sua relevância por serem capazes de retardar ou inibir a oxidação de substratos enzimáticos ou não enzimáticos.

A presença dos flavonoides nos frutos de pitaya já foi descrita por Kim et al. (2011) [28], que indicaram teores de polifenóis e flavonoides no extrato metanólico das cascas de *S. polyrhizus* e *S. undatus*, sendo de três a cinco vezes mais significativos do que os encontrados nas polpas das mesmas espécies. Isso demonstra a importância de se estudar a composição de partes desprezadas dos frutos, como as cascas, sendo que os dados desta pesquisa confirmam que *S. polyrhizus* e *S. undatus* são fontes potenciais desses compostos.

Já as cumarinas livres constituem uma classe de metabólitos secundários derivados do ácido cinâmico, encontradas em abundância no reino vegetal [17]. Atribuem-se a elas uma vasta variedade de atividades biológicas, como ação antimicrobiana, antiviral, anti-inflamatória e antitumoral, entre outras [29, 30], o que indica a importância do consumo de frutos ricos nesses compostos, com destaque para *S. undatus* casca vermelha, *S. setaceus* e *S. undatus* casca amarela.

Os triterpenos e esteroides fazem parte de uma classe de substâncias promissoras na medicina, com inúmeras propriedades biológicas citadas na literatura, por exemplo, efeitos anticancerígenos [17, 31], demonstrando que seu consumo pode influenciar de maneira positiva a saúde das pessoas. Entretanto, apenas *S. polyrhizus* se destaca neste quesito, com 50% de intensidade.

Por outro lado, foram encontrados compostos que podem ser um problema para a saúde, se consumidos em maiores concentrações. Entre eles, destacam-se as saponinas, com 100% de frequência em *S. polyrhizus* Makisupa, e *S. undatus* casca amarela, além de heterosídeos cardiotônicos com 75% de intensidade em *S. polyrhizus*, *S. costaricensis* e *S. setaceus*. A presença desses compostos exige cautela e, embora possuam ações benéficas, um maior consumo pode provocar efeitos adversos.

Os heterosídeos cardiotônicos possuem funções biológicas ligadas ao músculo cardíaco, por isso, torna-se importante o estudo de espécies que contenham esse composto em sua composição, pois suas propriedades comprovadamente tratam de insuficiência cardíaca [32, 33]. Por apresentarem uma poderosa ação e especificidade sobre o músculo cardíaco, tais compostos servem como base para a Digoxina, um fármaco utilizado na terapia cardiovascular [34]. Entretanto, a diferença entre a dosagem que pode causar benefício ou dano é muito similar, podendo levar à morte [32].

Já as saponinas compõem uma importante classe de substâncias químicas presentes nas plantas, responsáveis por inúmeras atividades biológicas, entre elas, anti-inflamatória, analgésica, antioxidante e redutora de colesterol, entre outras [35]. No entanto, uma alta intensidade não seria adequada, pois saponinas são glicosídeos de esteroides e podem atuar sobre as membranas celulares, o que causa desorganização das células sanguíneas e hemólise, além de interagirem com os receptores enzimáticos do fígado, desativando-os e levando a danos hepáticos e renais [36].

Nesse contexto, a extração seletiva e o controle de qualidade se tornam fundamentais para garantir a segurança de uso dos extratos. Estratégias como microencapsulamento, fracionamento seletivo ou purificação por cromatografia podem ser adotadas para isolar compostos desejáveis e remover aqueles de risco, permitindo o uso das cascas em produtos funcionais e farmacotécnicos. Por outro lado, a viabilidade de aproveitamento das cascas como coproducto agroindustrial insere-se no escopo da bioeconomia, o que promove a valorização de resíduos da cadeia produtiva da pitaya e contribui para modelos de economia circular. Em regiões de agricultura familiar, a produção de extratos padronizados a partir das cascas poderia agregar valor à produção local, gerar novas fontes de renda e reduzir impactos ambientais relacionados ao descarte inadequado dos resíduos orgânicos. Estudos de Zain et al. (2019) [25] também destacam o uso da casca em processos de extração assistida por micro-ondas, otimizando a recuperação de compostos bioativos com menor consumo energético.

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que há espécies com potencial promissor tanto do ponto de vista nutricional quanto terapêutico e cosmético, como *S. polyrhizus*, *S. undatus* (casca vermelha), *S. costaricensis* e *S. megalanthus*. A composição fitoquímica dessas cascas justifica o desenvolvimento de pesquisas mais aprofundadas, incluindo testes de estabilidade, toxicidade, aplicações industriais e validação biológica *in vitro* e *in vivo*. Dessa forma, a utilização estratégica de extratos das cascas de pitaya não apenas amplia o aproveitamento integral dos frutos, como também fortalece iniciativas de inovação sustentável, com base em evidências científicas e demandas do mercado por ingredientes naturais de alto valor funcional.

Levando em consideração a presença de compostos com reconhecido potencial antioxidante e terapêutico, como os compostos fenólicos e seus derivados, especialmente os flavonoides, bem como a menor incidência de metabólitos potencialmente tóxicos, como os heterosídeos cardiotônicos, observa-se que as cascas de *Selenicereus megalanthus* se apresentam como uma das opções mais promissoras para o consumo ou aproveitamento funcional. Essa espécie demonstrou frequência positiva de metabólitos benéficos e baixa ou nula presença daqueles associados a riscos à saúde, o que a torna atrativa para usos nutracêuticos e cosméticos.

A análise dos perfis fitoquímicos das cascas revelou uma expressiva variabilidade na frequência dos metabólitos secundários, o que permitiu a construção de um mapa de calor com cluster hierárquico (Figura 3). Com base nessa abordagem, foi possível identificar agrupamentos de espécies com características bioquímicas semelhantes, bem como isolar aquelas com perfis mais específicos, o que contribui para a proposição de usos diferenciados com base em seus compostos majoritários.

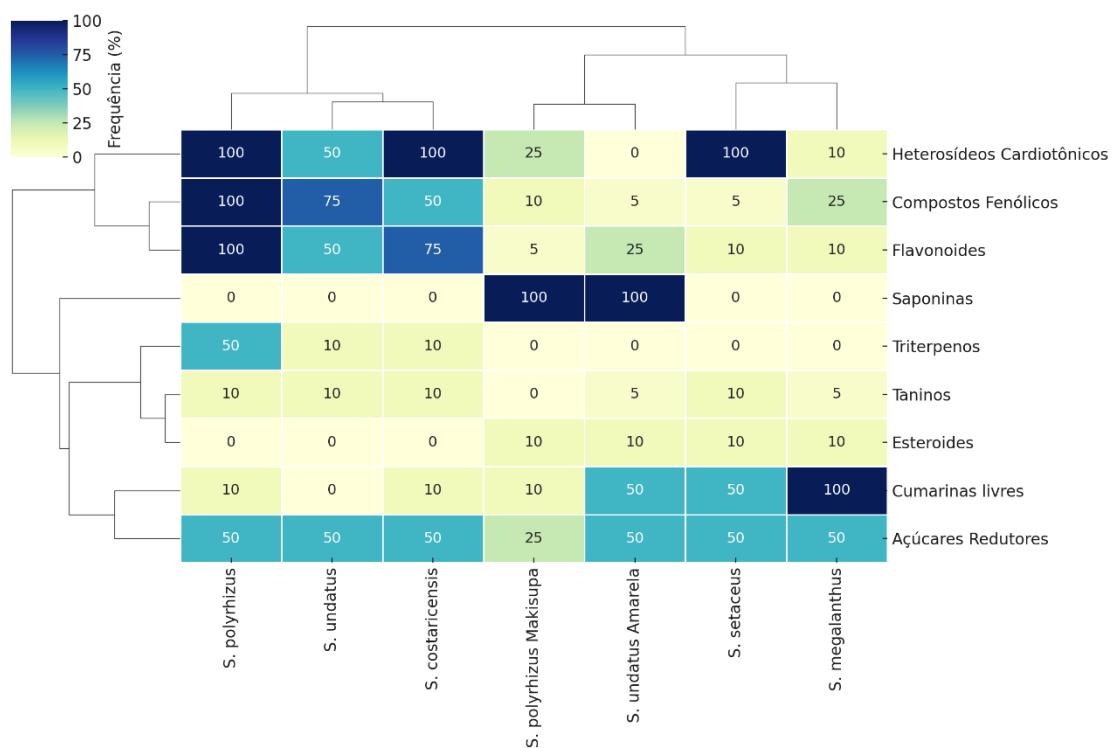


Figura 3: Mapa de calor com Cluster Hierárquico representando a distribuição dos metabólitos secundários das cascas de *Selenicereus* spp. cultivadas em regime de agricultura familiar, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

As espécies *S. polyrhizus*, *S. costaricensis* e *S. setaceus* formaram um agrupamento coeso, destacando-se pelo elevado conteúdo de flavonoides, compostos fenólicos e heterosídeos cardiotônicos. Essas classes de metabólitos são reconhecidas por seus efeitos antioxidantes,

anti-inflamatórios e atividade potencial em formulações nutracêuticas, embora a presença de heterosídeos exija cuidados quanto à toxicidade, especialmente para formulações orais ou tópicas de uso contínuo. Já as variedades de *S. undatus* (casca vermelha e casca amarela) apresentaram alta similaridade entre si, com destaque para a presença de compostos fenólicos, flavonoides, açúcares redutores e saponinas. Estes últimos são exclusivos da variedade amarela e sugerem aplicações potenciais em cosméticos naturais, dada a sua capacidade espumógena e emulsificante, observada também em produtos de higiene bucal e capilar. A predominância de compostos com propriedades antioxidantes reforça seu potencial para formulações voltadas à proteção celular e ao envelhecimento cutâneo [24].

Por outro lado, *S. megalanthus* e *S. polyrhizus* Makisupa compõem um grupo distinto, com padrões fitoquímicos mais específicos. *S. megalanthus* demonstrou alta frequência de cumarinas livres, compostos com atividade fotosensibilizante e antimicrobiana, o que sugere aplicações restritas, como conservantes naturais em ambientes controlados. Já *S. polyrhizus* Makisupa apresenta perfil singular, com presença exclusiva de saponinas e baixas concentrações dos demais metabólitos, o que reforça a necessidade de investigações complementares sobre seus possíveis usos industriais e segurança toxicológica [35, 36].

De modo geral, a associação entre os resultados do mapeamento fitoquímico e a análise de agrupamento hierárquico possibilitou a identificação de classes de metabólitos promissoras para aplicações industriais distintas, como cosméticos, nutracêuticos e fitoterápicos [24, 25]. A presença conjunta de compostos bioativos de diferentes classes amplia as possibilidades de aproveitamento tecnológico das cascas de pitaya, ao mesmo tempo que impõe a necessidade de protocolos de extração seletiva e avaliação de segurança para cada espécie em sua aplicabilidade específica.

A fim de validar os dados qualitativos da triagem fitoquímica, realizou-se o doseamento espectrofotométrico de compostos fenólicos totais e flavonoides. Os resultados reforçaram os achados anteriores, com destaque para as cascas de *S. polyrhizus*, *S. undatus* (casca vermelha) e *S. costaricensis* como as espécies com maiores concentrações desses compostos, estatisticamente superiores às demais ($p \leq 0,05$) (Tabela 3). A casca de *S. polyrhizus*, por exemplo, apresentou 71 mg/100 g de compostos fenólicos e 54 mg/100 g de flavonoides, enquanto *S. undatus* (casca vermelha) e *S. costaricensis* atingiram níveis intermediários, entre 39-50 mg/100 g e 46 mg/100 g, respectivamente. Tais valores são superiores aos descritos por Kim et al. (2011) [28], que reportaram teores de 14,8-15,9 mg RE/g para compostos fenólicos e 14,3-18,2 mg RE/g para flavonoides nas mesmas espécies, o que pode ser atribuído a variações nos fatores edafoclimáticos, estágio de maturação, métodos de extração e manejo agrícola [17].

*Tabela 3. Doseamento de compostos fenólicos e flavonoides dos extratos hidroetanólicos das cascas de pitayas (*Selenicereus* spp.) cultivadas em regime de agricultura familiar, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.*

Compostos fenólicos (mg Ácido Gálico/100 g)									
SUv	SUa	SP	SPm	SS	SM	SC	DMS (5%)	DP	CV
56 b	29 d	71 a	33 c	29 d	37 c	50 b	0,8225	0,35782	0,792997
Flavonoides (mg Quercetina/100 g)									
SUv	SUa	SP	SPm	SS	SM	SC	DMS (5%)	DP	CV
39 b	14 c	54 a	7 d	11 c	11 c	46 b	0,3149	0,13698	0,531131

SUv = *Selenicereus undatus* casca vermelha. SS = *S. setaceus*. SM = *S. megalanthus*. SP = *S. polyrhizus*. SPm = *S. polyrhizus* Makisupa. SC = *S. costaricensis*. SUa = *S. undatus* casca amarela. Médias acompanhadas por mesma letra na linha não diferem entre si, teste Tukey ($p \leq 0,05$). DP – Desvio Padrão, CV – Coeficiente de Variação.

A elevada concentração de flavonoides é particularmente relevante, uma vez que tais compostos atuam na neutralização de radicais livres, modulação de enzimas antioxidantes e proteção contra doenças cardiovasculares, inflamatórias e neurodegenerativas [25-27]. O potencial dessas substâncias também se estende à indústria cosmética, na qual extratos de pitaya têm sido utilizados com sucesso como agentes antienvelhecimento, antimicrobianos e

clareadores [36-39]. Essa aplicabilidade é reforçada por estudos como os de Zulkifli et al. (2020) [26] e Jimenez-Garcia et al. (2022) [24], que comprovam o valor funcional dos subprodutos da pitaya, incluindo as cascas, em formulações dermocosméticas, além de sua estabilidade antioxidante.

Em síntese, os resultados obtidos demonstram que há espécies com potencial promissor tanto do ponto de vista nutricional quanto terapêutico e cosmético, como *S. polyrhizus*, *S. undatus* (casca vermelha), *S. costaricensis* e *S. megalanthus*. A composição fitoquímica dessas cascas justifica o desenvolvimento de pesquisas mais aprofundadas, incluindo testes de estabilidade, toxicidade, aplicações industriais e validação biológica *in vitro* e *in vivo*. Dessa forma, a utilização estratégica das cascas não apenas amplia o aproveitamento integral dos frutos, como também fortalece iniciativas de inovação sustentável, com base em evidências científicas e demandas do mercado por ingredientes naturais de alto valor funcional.

Com relação aos parâmetros físico-químicos (Tabela 4), os valores de sólidos solúveis apresentaram baixa amplitude, situando-se majoritariamente em 1,0 °Brix, com exceção da variedade *S. polyrhizus* Makisupa, que apresentou apenas 0,5 °Brix. Esse resultado pode indicar uma menor concentração de açúcares ou compostos hidrossolúveis extraídos da casca, podendo estar associado tanto a características genéticas da cultivar, quanto às condições edafoclimáticas do cultivo e ao estádio de maturação dos frutos no momento da colheita.

Tabela 4. Sólidos solúveis, pH e condutividade elétrica dos extratos hidroetanólicos das cascas de pitaya (*Selenicereus spp.*) – *Suv* = *Selenicereus undatus* casca vermelha. *SS* = *S. setaceus*. *SM* = *S. megalanthus*. *SP* = *S. polyrhizus*. *SPm* = *S. polyrhizus* Makisupa. *SC* = *S. costaricensis*. *SUa* = *S. undatus* casca amarela, frutos obtidos de agricultores familiares, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

Teste	<i>SUv</i>	<i>SS</i>	<i>SM</i>	<i>SP</i>	<i>SPm</i>	<i>SC</i>	<i>SU</i>
Sólidos solúveis (°Brix) %	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0
pH*	6,9 b	7,5 a	6,2 c	6,7 bc	6,9 b	6,8 b	7,2 ab
Condutividade elétrica(µS)	222 a	143 e	179 c	206 b	166 c	231 a	167 c

*DMS (5%): pH = 0,0306; Condutividade Elétrica = 4,7029. Fonte: os autores (2024)

Com relação à variável sólidos solúveis, os resultados obtidos indicam teores de 1,0% para quase todos os extratos, com exceção da variedade *S. polyrhizus* Makisupa, que apresentou o menor valor (0,5%) (Tabela 4). Esses dados corroboram os resultados da triagem fitoquímica (Figura 1), na qual essa variedade também apresentou a menor intensidade de açúcares redutores. Considerando que a maior parte dos sólidos solúveis é composta por açúcares como glicose, frutose e sacarose, esse perfil evidencia o baixo teor de açúcares livres em *S. polyrhizus* Makisupa, o que pode limitar seu uso em formulações alimentares convencionais, mas o torna um candidato interessante para o desenvolvimento de produtos com apelo dietético ou voltados a consumidores com restrições glicêmicas.

Segundo Carmen et al. (2023) [40], o teor de sólidos solúveis em cascas de pitaya pode variar conforme o tipo de processamento e o método de extração. O baixo valor registrado para a *S. polyrhizus* também pode refletir maior concentração de fibras insolúveis ou menor degradação da parede celular no processo de extração hidroetanólica, o que resulta em menor liberação de açúcares livres para a solução. Tal característica se torna relevante para aplicações tecnológicas que exijam baixa doçura ou elevado teor de fibras, como formulações funcionais e nutracêuticas.

Quanto ao pH, os dados revelam valores que variam entre 6,2 (*S. megalanthus*) e 7,5 (*S. setaceus*), o que indica uma tendência à neutralidade nos extratos, com leve predominância de caráter alcalino em algumas espécies. A variação estatisticamente significativa (DMS pH = 0,0306) demonstra que a composição química das cascas difere entre os genótipos, possivelmente em função da presença de compostos fenólicos, ácidos orgânicos e sais minerais que modulam o equilíbrio iônico da solução extraída.

As cascas de *S. megalanthus* destacaram-se por apresentar o pH mais ácido (6,2), o que pode estar relacionado à sua composição específica em metabólitos secundários, conforme observado

por Ismail et al. (2012) [41], que reportaram elevada concentração de pectinas e flavonoides nessa espécie. Em contrapartida, *S. setaceus* (pH 7,5) demonstrou o valor mais alcalino, sugerindo uma composição menos ácida ou maior presença de sais tamponantes na matriz vegetal.

Essas diferenças de pH podem influenciar diretamente a estabilidade dos compostos bioativos, como as betalaínas, cuja estabilidade é maior em pH neutro a ligeiramente ácido [42]. Assim, extratos com pH mais próximo da neutralidade podem apresentar melhor conservação de pigmentos e maior potencial de uso na indústria de alimentos e cosméticos [43].

A condutividade elétrica variou de 143 a 231 μS , com destaque para *S. costaricensis* (231 μS) e *S. undatus* casca vermelha (222 μS), o que indica elevada concentração de íons em solução. A condutividade está relacionada à presença de sais minerais e compostos orgânicos ionizáveis, como ácidos carboxílicos, compostos fenólicos e aminoácidos, cuja solubilidade é favorecida pelo uso de solventes hidroetanólicos. Quando comparados aos valores de condutividade de polpas de outras frutas, como o abacaxi (*Ananas comosus*), com 79,9 μS [44], os extratos das cascas de pitaya demonstram maior riqueza iônica, o que pode indicar uma elevada capacidade de transporte eletrolítico e influência na formulação de produtos líquidos ou emulsionados. Esse parâmetro, embora pouco estudado em cascas, pode auxiliar na seleção de espécies mais adequadas para usos técnicos, como em alimentos funcionais, cosméticos eletricamente estáveis ou biofilmes com capacidade condutora.

A ausência de referências específicas para sólidos solúveis, pH e condutividade elétrica das cascas de pitaya na literatura científica reforça o caráter pioneiro desta pesquisa. Em geral, as pesquisas com diferentes espécies concentraram-se majoritariamente na análise da polpa, deixando lacunas quanto ao potencial das cascas como fontes de compostos funcionais e tecnológicos. No entanto, estudos recentes, como o de Putthawan et al. (2021) [43], demonstram que extratos das cascas de *S. polyrhizus* apresentam estabilidade satisfatória e ação antioxidante significativa, além de potencial como corante funcional e ingrediente nutracêutico. Outros autores, como García-Cruz et al. (2013) [45] e Tan et al. (2023) [46], reforçam que parâmetros como pH e condutividade influenciam diretamente na estabilidade química e sensorial dos produtos finais.

Dessa forma, os dados físico-químicos apresentados não apenas complementam a caracterização fitoquímica, mas também oferecem subsídios técnicos para a formulação e a industrialização de produtos inovadores a partir das cascas, com destaque para *S. polyrhizus*, *S. undatus* (casca vermelha), *S. costaricensis* e *S. megalanthus*, que apresentaram maior concentração de metabólitos bioativos. As variações entre espécies podem ser aproveitadas de maneira estratégica, priorizando aquelas com melhor perfil para cada tipo de aplicação: produtos dietéticos, cosméticos de base alcalina, suplementos minerais ou formulações com condutividade otimizada. Esses achados reforçam o potencial de aproveitamento sustentável e tecnológico das cascas como coprodutos de valor agregado, e representam, portanto, um caminho viável e sustentável para agregar valor à cadeia produtiva da pitaya, especialmente em contextos de agricultura familiar e bioeconomia regional.

4. CONCLUSÃO

Os dados biométricos indicam maior rendimento em relação à massa das cascas para *S. undatus* casca vermelha e *S. costaricensis*, que seriam as mais adequadas para seu aproveitamento. Com relação aos metabólitos, foram identificados nove, alguns com atividades biológicas benéficas à saúde humana, com destaque para compostos fenólicos e flavonoides, encontrados em alta intensidade em *S. undatus* casca vermelha, *S. costaricensis* e *S. polyrhizus*, comprovando que não só a polpa, mas também as cascas possuem potencial ação antioxidante e anti-inflamatória, por exemplo.

A análise dos perfis fitoquímicos das cascas evidenciou ampla variabilidade na distribuição dos metabólitos secundários, com destaque para compostos fenólicos, flavonoides, cumarinas e triterpenos. O uso do mapa de calor com cluster hierárquico permitiu visualizar agrupamentos bioquímicos entre as espécies, revelando padrões de similaridade e distinções funcionais

relevantes. No entanto, nem todas as cascas poderiam ser utilizadas livremente, pois algumas apresentaram alta frequência de heterosídeos cardiotônicos ou saponinas, como é o caso de *S. undatus* casca vermelha, *S. setaceus*, *S. polyrhizus*, *S. costaricensis* e *S. polyrhizus*, *S. polyrhizus* Makisupa e *S. undatus* casca amarela.

Desse modo, apenas *Selenicereus megalanthus*, por possuir baixos teores de heterosídeos, taninos e ausência de saponinas, embora com pequena produção de matéria fresca ou seca, seja a mais adequada para consumo. Entretanto, as médias de biométricas das cascas não foram as melhores, o que indicou um baixo rendimento de material por fruto analisado e a dificuldade de utilização deste recurso. Ao final, levando-se em consideração as diferentes regiões de cultivo e a probabilidade de encontrar frutos com concentrações inadequadas de compostos secundários que podem causar problemas, não se recomenda o consumo deste recurso alimentar.

A associação entre os dados espectrofotométricos e o agrupamento visual reforça o potencial industrial das cascas como insumos para cosméticos, nutracêuticos e produtos funcionais. Sua viabilidade de aproveitamento integra-se às estratégias de bioeconomia e economia circular, valorizando os resíduos da cadeia produtiva da pitaya, especialmente em contextos de agricultura familiar. Com relação à parte físico-química, as cascas de *Selenicereus* spp. apresentam baixo teor de sólidos solúveis, pH próximo da neutralidade e alta condutividade elétrica, sugerindo potencial para aplicações funcionais, dietéticas e tecnológicas, com destaque para produtos cosméticos, nutracêuticos e alimentos com apelo dietético ou liberação controlada de compostos bioativos.

5. AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), e à Universidade Anhanguera-Uniderp, pelo financiamento do projeto. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de pós-graduação, e ao CNPq, pela bolsa de produtividade em pesquisa (PQ1C) concedidas. Agradecemos aos agricultores familiares que doaram os exemplares analisados neste estudo, em especial, a Srª. Raquel e seus filhos, o nosso muito obrigado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Santos AB, Santos ERM, Gregório MG, Gomes MMA, Andrade JGC, Almeida RR, et al. Os benefícios do aproveitamento integral dos alimentos: redução do desperdício alimentar. Rev COMPEX. 2024 Mar;15(1):4538-50. doi: 10.61223/coopex.v15i01.783
2. Lima GPP, Pieri C, Lopes TVC, Bernhard A, Pirozzi DCZ, Correa LC, et al. Parâmetros bioquímicos em partes descartadas de vegetais. PROGRAMA Alimente-se Bem: tabela de composição química das partes não convencionais dos alimentos. São Paulo: SESI; 2008.
3. Silva MMP. Gestão integrada de resíduos sólidos: Uma contribuição à formação em educação ambiental. Curitiba (PR): Appris Editora; 2025.
4. Andrade RA, Martins ABG, Silva MTH. Development of seedlings of red pitaya (*Hylocereus undatus* Haw) in different substrate volumes. Acta Sci Agron. 2008 Dez;30(5):697-700. doi: 10.4025/actasciagron.v30i5.5970
5. Faleiro FG, Junqueira NTV. Pitayas. Atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Embrapa Cerrados. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados; 2021.
6. Faleiro FG. Pitaia. A fruta que está conquistando o Brasil. Anuário Campo & Negócios Hortifrut. 2022;11:97-9.
7. Calda J, Souza S. Cientistas desenvolvem cultivares de pitaya geneticamente superiores [Internet]. Embrapa; 23 mai 2023 [acesso em 23 mai 2023]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/80740738/cientistas-desenvolvem-cultivares-de-pitaya-geneticamente-superiores#:~:text=Pesquisadores%20da%20Embrapa%20no%20DF%20desenvolveram%20cinco%20cultivares,a%20doen%C3%A7as%20as%20tornam%20adequadas%20ao%20cultivo%20org%C3%A2nico.>
8. Wu LC, Hsu HW, Chen YC, Chiu CC, Lin YI, Ho JA. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chem. 2006 Mar;95(2):319-27. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.01.002

9. Ortiz TA, Takahashi LSA. Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. GMR, 2015 Nov;14(4):14422-39. doi: 10.4238/2015.November.18.5
10. Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul (Cemtec). Boletim mensal [Internet]; 2022 [acesso em 23 fev 2023]. Disponível em: <https://www.cemtec.ms.gov.br/boletim-mensal/2022-2/>.
11. Ortiz-Hernández YD, Carrillo-Salazar JA. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. Comun Sci. 2012 Dez;3(4):220-37. doi: 10.14295/cs.v3i4.334
12. Faleiro FG, Junqueira NTV. Espécies, variedades e cultivares. In: Santos DN, Pio LAS, Faleiro FG, editores. Pitaya: uma alternativa frutífera. Brasília (DF): ProImpress; 2022. p. 35-69.
13. Zimmerman TW, Montilla C, Crossman SMA. Production potential of pitaya in the Virgin Islands. Proceedings of the Caribbean Food Crops Soc. 2013 Jun-Jul;49:109-12. doi: 10.22004/ag.econ.253582
14. Barbosa JC, Maldonado JRW. AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.0. Jaboticabal (SP): Departamento de Ciências Exatas; 2022.
15. Vitorelli-Venancio DC, Matias R, Ganassin AR, Venancio FA, Perdomo RT, Gomes GB, et al. Bioactives derived from Brazilian native flora with antimicrobial and anticancer activity. BMC Complement Med Ther. 2025 Mar;25(102):1-14. doi: 10.1186/s12906-025-04787-0
16. Matos FJA. Introdução a fitoquímica experimental. 3. ed. Fortaleza (CE): Edições UFC; 2009.
17. Simões CMO, Schenkel EP, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. Farmacognosia: Do produto natural ao medicamento. Porto Alegre (RS): Artmed; 2017.
18. Athayde ML, Taketa ATC, Gosmann G, Schenkel EP. Saponinas. In: Simões CMO, Schenkel EP, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR, editores. Farmacognosia: Do produto natural ao medicamento. Porto Alegre (RS): Artmed; 2017. p. 711-40.
19. Fontoura FM, Matias R, Ludwig J, Oliveira AKM, Bono JAM, Martins PFRB, et al. Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (Malvaceae) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. Acta Amaz. 2015 Jul-Set;45(3):283-92. doi: 10.1590/1809-4392201500011
20. Siqueira GS, Matias R, Ferreira MB, Moraes AP, Olivon VC, Ailva LAL, et al. Antioxidant and hepato-protective effects of *Palicourea coriacea* (Cham.) K. Schum leaves against renovascular hypertension in rats. Ensaio e Ciência. 2024 Nov;28(4):536-42. doi: 10.17921/1415-6938.2024v28n4p536-542
21. Kolde R. Pheatmap: Pretty Heatmaps. Versão 1.0.13; 2024. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=pheatmap>.
22. Sousa CM, Silva HRE, Vieira-Jr GM, Ayres MCC, Costa CLS, Araújo DS. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. Quím Nova. 2007 Abr;30:351-5. doi: 10.1590/S0100-40422007000200021
23. Peixoto Sobrinho TJSP, Silva CHTP, Nascimento JE, Monteiro JM, Albuquerque UP, Amorim ELC. Validação de metodologia espectrofotométrica para quantificação dos flavonoides de *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel. Rev Bras Cienc Farm. 2008 Dez;44(4):683-9. doi: 10.1590/S1516-93322008000400015
24. Jimenez-Garcia SN, Garcia-Mier L, Ramirez-Gomez XS, Aguirre-Becerra H, Garfia-Trejo JF, Escobar-Ortiz A, et al. Pitahaya peel: a by-product with great phytochemical potential, biological activity, and functional application. Molecules. 2022 Aug;27(16):5339. doi: 10.3390/molecules27165339
25. Zain NM, Nazeri MA, Azman NA. Assessment on bioactive compounds and the effect of microwave on pitaya peel. J Teknol. 2009 Mar;81(2):11-9. doi: 10.11113/jt.v81.12847
26. Zulkifli SA, Gani SSA, Zaidan UH, Halmi MIE. Optimization of total phenolic and flavonoid contents of defatted pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed extract and its antioxidant properties. Molecules. 2020 Feb;25(4):787. doi: 10.3390/molecules25040787
27. Vijayakumar R, Gani SSA, Zaidan UH, Halmi MIE, Karunakaran T, Hamdan MR. Exploring the potential use of *Hylocereus polyrhizus* peels as a source of cosmeceutical sunscreen agent for its antioxidant and photoprotective properties. Evid Based Complement Altern Med. 2020 May;2020:1-12. doi: 10.1155/2020/7520736
28. Kim H, Choi HK, Moon JY, Kim YS, Mosaddik A, Cho SK. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. J Food Sci. 2011 Jan-Feb;76(1):38-45. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.01.002
29. Hussain MI, Syed QA, Khattak MNK, Hafez B, Reigosa MJ, El-Keblawy A. Natural product coumarins: biological and pharmacological perspectives. Biologia. 2019 Jul;74:863-88. doi: 10.2478/s11756-019-00242-x

30. Franco DP, Pereira TM, Vitorio F, Nadur NF, Lacerda RB, Kümmerle AE. A importância das cumarinas para a química medicinal e o desenvolvimento de compostos bioativos nos últimos anos. *Quim Nova*. 2021 Fev;44(2):180-97. doi: 10.21577/0100-4042.20170654

31. Silva ICV, Kaluđerović GN, Oliveira PF, Guimarães DO, Quaresma CH, Porzel A, et al. Apoptosis caused by triterpenes and phytosterols and antioxidant activity of an enriched flavonoid extract from *Passiflora mucronata*. *Anti-cancer Agents in Med Chem*. 2018 Aug;18(10):1405-16. doi: 10.2174/1871520618666180315090949

32. Nattagh-Eshtivani E, Barghchi H, Pahlavani N, Barati M, Amiri Y, Fadel A, et al. Biological and pharmacological effects and nutritional impact of phytosterols: A comprehensive review. *Phytotherapy Res*. 2021 Nov;36(1):299-322. doi: 10.1002/ptr.7312

33. Rates SMK, Brigi R, Braga FC, Simões CMO. Heterosídeos cardioativos. In: Simões CMO, Schenkel EP, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. *Farmacognosia: Do produto natural ao medicamento*. Porto Alegre (RS): Artmed; 2017. p. 272-84.

34. Facco GG, Schleider EJ, Vidis NY, Halverson M, Matias R, Barbosa-Ferreira M, et al. Morphological and phytochemical analysis of leaves and stems of *Tetrapterys multiglandulosa* CAV. *Australian J Crop Sci*. 2020;14(6):959-64. doi: 10.21475/ajcs.20.14.06.p2284

35. Mota AH. A review of medicinal plants used in therapy of cardiovascular diseases. *Int J Pharmacogn Phytochem Res*. 2016 Mar;8(4):572-91.

36. Herrera MD, Zegbe JÁ, Reveles-Torres LR. Phytochemicals and functional properties of pitaya juice powders. *Plants*. 2024 Mar;13(21):3040. doi: 10.3390/plants13213040

37. Gani SSA, Vijayakumar R, Mokhtar NFM. New trends in cosmetics: The potential use of red pitaya and its by-products as cosmetic active ingredients. *J Mechan Continua Mathem Sci*. 2020 Mar;9(1):138-48. doi: 10.26782/jmcms.spl.9/2020.05.00014

38. Vijayakumar R, Gani SSA, Mokhtar N. Anti-elastase, anti-collagenase and antimicrobial activities of the underutilized red pitaya peel: An *in vitro* study for anti-aging applications. *Asian J Pharm Clin Res*. 2017 May;10(8):251-5. doi: 10.22159/ajpcr.2017.v10i8.19048

39. Fatimi HÁ, Ramadhana IHA, Purnama MF. Dragon fruit peels waste as cosmetic: An overview. *J Farmasimed*. 2025 Apr;7(2):210-9. doi: 10.35451/jfm.v7i2.2464

40. Carmen F, Frances C, Barthe L. Trends on valorization of pitaya fruit biomass through value-added and green extraction technology - A critical review of advancements and processes. *Trends Food Sci Technol*. 2023 Aug;138:339-54. doi: 10.1016/j.tifs.2023.06.014

41. Ismail NSM, Ramli N, Hani NM, Meon ZJSM. Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction conditions. *Sains Malaysiana*. 2012;41(1):41-5.

42. Priatni S, Pradita A. Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. *Procedia Chem*. 2015 Dez;16:438-44. doi: 10.1016/j.proche.2015.12.076

43. Putthawan P, Prompanya B, Promnet S. Extraction, biological activities and stability of *Hylocereus polyrhizus* peel extract as a functional food colorant and nutraceutical. *Trop JPharmac Res*. 2021 Aug;20(8):1683-90. doi: 10.4314/tjpr.v20i8.19

44. Pereira EM, Leite Filho MT, Santos YMG, Pereira BBM, Maracajá PB. Elaboração e qualidade de geleia e compota de abacaxi “pérola”. *Rev Verde*. 2015 Jun;10(1):149-53. doi: 10.18378/rvads.v10i1.3440

45. García-Cruz L, Valle-Guadarrama S, Salinas-Moreno Y, Joaquín-Cruz E. Physical, chemical, and antioxidant activity characterization of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) fruits. *Plant Foods Human Nutr*. 2013 Oct;68:403-10. doi: 10.1007/s11130-013-0391-8

46. Tan CX, Lim SW, Tan SS, Tan ST. Characterization of juice extracted from ultrasonic-treated red pitaya flesh. *Horticulturae*. 2023 Jan;9(1):92. doi: 10.3390/horticulturae9010092