

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO VITOR CASAGRANDE BERTOLDO

PAULA JULIANA DA SILVA

**EXTRATO DA CASCA DA PITAYA SECO EM *SPRAY DRYER*: ANÁLISES
FÍSICO-QUÍMICAS E DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

LONDRINA

2023

**JOÃO VITOR BERTOLDO CASAGRANDE
PAULA JULIANA DA SILVA**

**EXTRATO DA CASCA DA PITAYA SECO EM *SPRAY DRYER*: ANÁLISES
FÍSICO-QUÍMICAS E DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

**Pitaya peel extract dried by *spray dryer*: physical-chemical analysis and
bioactive compounds**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marianne Ayumi Shirai

LONDRINA

2023



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos aos autores e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOÃO VITOR CASAGRANDE BERTOLDO

PAULA JULIANA DA SILVA

**EXTRATO DA CASCA DA PITAYA SECO EM *SPRAY DRYER*: ANÁLISES
FÍSICO-QUÍMICAS E DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Data de aprovação: 29 de novembro de 2023.

Marianne Ayumi Shirai

Doutorado em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lyssa Setsuko Sakanaka

Doutorado em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ana Flávia de Oliveira

Doutora em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de São Paulo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LONDRINA

2023

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Londrina.

À nossa orientadora Prof. Marianne Ayumi Shirai.

Aos técnicos do Laboratório Multiusuário do *campus* Londrina (LabMult-LD), pelo auxílio com os equipamentos durante os procedimentos e análises.

RESUMO

A pitaya é uma fruta tropical, a qual, além de vitaminas e sais minerais, possui aparência e coloração bastante atrativas, bem como de várias substâncias de interesse no setor alimentício, por exemplo os compostos bioativos. A coloração avermelhada da fruta, tanto da polpa quanto da casca, se dá por meio de um pigmento chamado betalaína, que, além de ser responsável pela cor, tem propriedades antioxidantes. Esse pigmento tem forte potencial de ser aplicado como corante natural na tonalidade vermelho-rosado, porém, é instável sob diversas condições de processamento e de armazenamento. Uma opção para aumentar a estabilidade de compostos bioativos e melhorar a utilização da casca da pitaya, que normalmente é descartada pela indústria, é a secagem por *Spray Dryer*. Assim, o objetivo deste trabalho foi extrair os compostos da casca da pitaya, utilizando água como solvente e secar esses extratos por spray drying com diferentes agentes carreadores. Os pós desenvolvidos e também o extrato da casca foram caracterizados quanto ao teor de umidade, atividade de água, pH, acidez, solubilidade, higroscopicidade, densidade aparente, e avaliados quanto à capacidade de antioxidantes pelos métodos FRAP, ABTS e DPPH e teor de compostos fenólicos pelo método de Folin-Ciocalteu. Os pós, quanto a umidade e atividade de água apresentaram valores médios de 6% e 0,26, respectivamente, densidade aparente de 0,47, higroscopicidade 5,2% e solubilidade de 45,3% em média, sendo que não diferiram significativamente. Para as análises de antioxidantes e de compostos fenólicos, a formulação F3, quando comparada com as outras duas formulações, apresentou os maiores resultados pelo método DPPH, 182,33 mM Trolox/ g, pelo método FRAP, 65,14 mM Trolox/ g e também maior teor de compostos fenólicos, 0,67 mg EAG/ g. O extrato líquido também apresentou atividade antioxidante em todos os métodos utilizados e também teor de compostos fenólicos. Assim, pode-se dizer que os resultados foram condizentes com a literatura e que os pós obtidos a partir do extrato líquido possuem propriedades bioativas e capacidade de serem utilizados como corantes alimentícios.

Palavras-chave: secagem; compostos bioativos; betacianinas; antioxidantes.

ABSTRACT

Pitaya is a tropical fruit, which, in addition to vitamins and minerals, has a very attractive appearance and color, as well as several substances of interest in the food sector, for example bioactive compounds. The reddish color of the fruit, both the pulp and the peel, is caused by a pigment called betalain, which, in addition to being responsible for the color, has antioxidant properties. This pigment has a strong potential to be applied as a natural dye in a pinkish-red tone, however, it is unstable under different processing and storage conditions. An option to increase the stability of bioactive compounds and improve the use of pitaya skin, which is normally discarded by the industry, is *spray drying*. Thus, the objective of this work was to extract the compounds from the pitaya peel, using water as a solvent and dry these extracts by *spray drying* with different carrier agents. The developed powders and the bark extract was characterized regarding moisture content, water activity, pH, acidity, solubility, hygroscopicity, apparent density, and evaluated regarding antioxidant capacity by the FRAP, ABTS and DPPH methods and compound content phenolics by the Folin-Ciocalteu method. The powders, in terms of humidity and water activity, presented average values of 6% and 0.26, respectively, apparent density of 0.47, hygroscopicity 5.2% and solubility of 45.3% on average, and did not differ significantly. For the analysis of antioxidants and phenolic compounds, the F3 formulation, when compared with the other two formulations, presented the highest results by the DPPH method, 182.33 mM Trolox/ g, by the FRAP method, 65.14 mM Trolox/ g and higher content of phenolic compounds, 0.67 mg EAG/ g. The liquid extract also showed antioxidant activity in all methods used and phenolic compound content. Thus, we can say that we obtained results consistent with the literature and that the powders obtained from the liquid extract have bioactive properties and the ability to be used as food coloring.

Keywords: secagem; bioactive compounds; betacyanins; antioxidants

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Foto das pitayas <i>Hylocereus undatus</i> e <i>Hylocereus polyrhizus</i>	17
Figura 2 – Fluxograma da produção das cascas moídas.....	22
Figura 3 – Foto das cascas moídas.....	23
Figura 4 – Foto do extrato aquoso da casca da pitaya.....	24
Figura 5 – Fluxograma de secagem no Spray	25
Figura 6 – Foto dos pós das três formulações.....	25
Figura 7 – Foto dos pós encapsulados.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – pH e acidez titulável dos pós e do extrato líquido.....	33
Tabela 2 – Antioxidantes totais e compostos fenólicos.....	35
Tabela 3 – Betacianinas.....	36
Tabela 4 – Atividade de água e umidade.....	37
Tabela 5 – Densidade, Higroscopicidade e Solubilidade.....	38
Tabela 6 – Cor.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	12
2.1 Objetivo Específico	12
3 TÉCNICA DE SECAGEM DE LÍQUIDOS	13
3.1 <i>Spray Drying</i>	14
3.2. Agentes carreadores	15
3.2.1 Maltodextrina.....	15
3.2.2 Goma arábica.....	16
3.3 Pitaya	17
3.4 Compostos bioativos	19
3.4.1 Betalaínas.....	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 Materiais	22
4.1.1 Obtenção da farinha da casca da pitaya.....	22
4.1.2 Obtenção do extrato líquido da casca da pitaya.....	23
4.1.3 Secagem do extrato líquido no Spray Dryer.....	24
4.2 Métodos	26
4.2.1 Análise de acidez titulável.....	26
4.2.2 Análise de pH.....	27
4.2.3 Análise de compostos fenólicos totais.....	27
4.2.4 Análise de antioxidantes totais.....	28
4.2.5 Análise de betacianinas.....	29
4.2.6 Análise de atividade de água.....	30
4.2.7 Análise de umidade.....	30
4.2.8 Análise de densidade aparente.....	30
4.2.9 Análise de higroscopicidade.....	31
4.2.10 Análise de solubilidade.....	31
4.2.11 Análise de cor.....	32
4.2.12 Análise estatística.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 pH e acidez titulável	32

5.2 Antioxidantes e compostos fenólicos.....	34
5.3 Betacianinas.....	35
5.4 Atividade de água e umidade.....	37
5.5 Densidade, higroscopicidade e solubilidade.....	38
5.6 Cor.....	39
6 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	42
APÊNDICE.....	50

1 INTRODUÇÃO

A pitaya é uma fruta encontrada nas florestas tropicais da América Latina. A palavra pitaya é de origem indígena significando 'fruta de escama'. Há diferentes gêneros de pitayas da família *Cactaceae* e a espécie mais cultivada atualmente é *H. undatus*, popularmente conhecida como pitaya vermelha ou roxa (MELLO, 2014).

De acordo com De Sousa *et al.* (2019), a pitaya, assim como a beterraba vermelha, possui um composto nitrogenado chamado de betalaína, o qual se caracteriza pela sua coloração vermelho-violeta. Tal composto é um bioativo natural com capacidade de pigmentação, conforme Sousa, Costa e Faria (2015), podendo ser utilizado como um corante natural.

Em relação à betalaína da beterraba, utiliza-se seu pigmento frequentemente em produtos alimentícios e farmacêuticos, já que o Ministério da Saúde a considera como um aditivo alimentar seguro, que não possui restrição de uso para nenhuma área da indústria alimentícia (BRASIL, 2023). Dessa forma, há grande aceitação da betalaína no mercado, a qual ainda apresenta potencial antioxidante e auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares e antitumorais, segundo Volp, Renhe e Stringueta (2009).

A pitaya, por sua vez, vem ganhando espaço nacional e internacional no mercado recentemente (MELLO, 2014). Sua casca fornece uma grande quantidade de betalaína e pode ser utilizada como fonte de matéria prima para extração deste composto. Porém, a casca é um subproduto do processamento da pitaya pouco aproveitado na indústria (JAMILAH *et al.* 2011).

Segundo Gunasena, Pushpakumara e Kariyawasam (2007), as cascas são descartadas nas indústrias que utilizam a pitaya para o desenvolvimento de bebidas, doces e sorvetes, sendo que a casca representa cerca de 20% da massa da fruta. Dessa forma, existe um desperdício expressivo de fonte de matéria prima que poderia ter uma finalidade mais relevante, tanto economicamente quanto ecologicamente.

Apesar de a betalaína chamar a atenção do mercado por suas características, capazes de valorizar o produto onde será inserida com aspectos visuais e nutricionais, ela pode sofrer instabilidade após ser extraída da fonte. Identifica-se uma degradação de acordo com alguns parâmetros, envolvendo o pH, a

temperatura, o oxigênio, a luz, a atividade de água, entre outros que afetam a estabilidade com relação à cor do composto (DRUNKLER; FETT; BORDIGNON, 2006).

Perante este problema, uma solução encontrada é secagem desses compostos, utilizando agentes carreadores, que também podem ser chamados de materiais de parede ou agentes encapsulante, ou seja, tentar promover por meio do processo o encapsulamento de partículas sólidas, líquidas ou gasosas onde são liberadas controladamente quando estão sob influência de um estímulo. Outros compostos que sofrem algum tipo de degradação pelo ambiente podem passar pelo mesmo processamento, como vitaminas minerais e bioativos. Algumas técnicas de microencapsulamento são *spray drying*, *spray cooling* coacervação e extrusão (SOBRINHO; FARIAS, 2012).

2 OBJETIVO GERAL

Secar o extrato aquoso da casca da pitaya e avaliar as propriedades físico-químicas e propriedades bioativas.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Secar a casca e produzir uma farinha, visando melhorar a extração com água;
- Elaborar um extrato líquido a partir da farinha da casca;
- Secar o extrato líquido utilizando o *Spray Dryer* e maltodextrina e goma arábica como agentes carreadores;
- Analisar as propriedades físico-químicas do pó obtido através do *Spray Dryer*;
- Quantificar o teor de compostos fenólicos pelo método Folin-Ciocalteu;
- Quantificar a capacidade antioxidante dos pós obtidos e do extrato líquido, pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP.

3 TÉCNICA DE SECAGEM DE LÍQUIDOS

A secagem de materiais, utilizando como coadjuvantes agentes carreadores, é uma técnica utilizada para transformar um líquido em sólido, possibilitando separar materiais com possibilidade de reagirem entre si, diminuir a toxicidade de um determinado composto, proteger os compostos de uma possível degradação, disfarçar sabores amargos, diminuir a volatilidade de substâncias e auxiliar na liberação de forma controlada das mesmas (CARMO; FERNANDES; BORGES, 2015).

Depois do processo de secagem, a constituição do pó resultante pode ser formada por micropartículas ou microcápsulas, essas podem ser classificadas em micropartículas ou nanopartículas conforme o seu tamanho. De acordo com a revista Food Ingredients Brasil (2013), na indústria de alimentos, a microencapsulação pode ser usada para reduzir a reatividade do material de núcleo com o ambiente, reduzir a velocidade de evaporação ou transferência do material do núcleo para o meio, melhorar a manipulação do material encapsulado, fazer a liberação controlada de algumas substâncias, mascarar sabor e odor desagradáveis e diluir de forma homogênea o material encapsulado em uma formulação alimentícia.

Segundo Nunes (2014) a microencapsulação pode ser aplicada em várias áreas, como a farmacêutica, alimentar e cosmética. Na área de alimentos é utilizada para revestir um ou mais ingredientes ou aditivos, modificando e melhorando a aparência e as propriedades das substâncias.

O processo também promove uma melhor interação da substância encapsulada em relação aos fatores ambientais, além de mascarar sabores desagradáveis, impedir perdas de nutrientes, melhorar a solubilidade, melhorar o rendimento, dentre outros. Em pigmentos de origem natural a microencapsulação também os protege de fatores externos tornando-os mais estáveis, o que otimiza a sua utilização (GRANGEIRO JÚNIOR, 2016).

O artigo da Food Ingredients Brasil (2013) ressalta ainda que os encapsulantes devem ter boas propriedades de formação de filmes, baixa viscosidade, sabor e odor agradáveis, dentre outras características. Os principais encapsulantes são os carboidratos. A goma arábica é considerada o encapsulante por excelência, já que é constituída por um arranjo altamente ramificado de galactose, arabinose, ramnose e ácido glucurônico. Também podemos citar como

encapsulantes utilizados na indústria alimentícia os ácidos graxos, amido, celulose, gelatina, pectina, dentre outros.

Existem diversos métodos de microencapsulação, sendo que o material, a aplicação e o mecanismo de liberação irão determinar a escolha do método. Existem métodos físicos, como o *spray drying*, pulverização em banho térmico, *spray cooling*; métodos químicos, que são a inclusão molecular e a polimerização interfacial; e métodos físico-químicos, como emulsificação com evaporação do solvente, separação de fases, por exemplo (MELO, 2014).

3.1 *Spray Drying*

A técnica de *spray drying*, também conhecida como secagem por atomização ou secagem por pulverização, utiliza-se de um equipamento chamado *Spray Dryer*. Ela é um dos métodos mais utilizados na indústria de alimentos devido às vantagens como flexibilidade, baixo custo em relação às outras técnicas disponíveis, adaptação e qualidade das partículas produzidas (FELLOWS, 2019). Esta técnica é utilizada para proteger ou isolar compostos ativos sensíveis a condições como luz, oxigênio, e degradação por radicais livres. É também reconhecido como um método econômico e eficiente para preservação de corantes naturais por meio do encapsulamento (DESAI; PARK, 2005).

Segundo Carmo, Fernandes e Borges (2015), a secagem por *spray drying* consiste em uma operação unitária através da qual um produto é transformado do estado fluido para o estado sólido em forma de pó dentro de uma câmara. Trata-se de uma mistura entre o material ativo e o composto microencapsulante, formando uma emulsão. O secador atomiza, evapora o líquido e o material encapsulante envolve o material ativo com uma membrana. As vantagens desse método são: controle de qualidade, utilização de produtos sensíveis ao calor, grandes produções em equipamentos simples, baixo custo, dentre outras.

A secagem por *Spray Dryer* é um processo contínuo onde um fluido ou líquido é transformado em um produto seco, na forma de pó, durante um período de tempo relativamente curto. O processo envolve a mistura da solução de partículas do núcleo com o material de parede que será a alimentação do *Spray-Dryer*. No interior do equipamento, a mistura é levada ao atomizador que a transforma em gotículas que entram em contato com o fluxo de ar quente. O material de parede solidifica nas

partículas do núcleo, à medida que o solvente evapora, e assim originam-se as microcápsulas. A área superficial das partículas é grande, a temperatura do ar de secagem é alta, o que contribui para a rápida velocidade do processo. Portanto, essa técnica permite a secagem de produtos sensíveis ao calor, sem afetar demasiadamente sua qualidade (SUAVE *et al* , 2006).

3.2 Agentes carreadores

No processo de secagem por *spray drying*, tem se utilizado uma diversidade de agentes carreadores que são responsáveis por promover um maior rendimento do pó resultante, agregação das partículas, além de poder agir como revestimento dos compostos ativos e conferir forma à microcápsula. Os agentes encapsulantes podem ser de origem natural, semissintética ou sintética, incluindo materiais poliméricos, hidrófilos, hidrófobos ou uma associação de ambos. Os agentes carreadores ou encapsulantes têm por função proporcionar proteção durante o armazenamento prolongado, evitando que ocorram alterações químicas e sensoriais no material encapsulado (NUNES E MENEZES, 2015).

Dos agentes carreadores mais estudados, sozinhos ou associados, pelo método de *spray drying*, destacam-se os biopolímeros, oriundos de fontes como as gomas naturais (goma arábica, alginatos, carragenas), amidos, gelatina, derivados do leite, como o leite desnatado reconstituído e maltodextrinas (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007). Para se escolher o mais adequado, devem ser consideradas as características físicas e químicas do composto que se pretende encapsular, no qual o produto será aplicado e qual o método de microencapsulação selecionado (SUAVE *et al.*, 2006). Outras propriedades também devem ser consideradas, tais como: apresentar baixa viscosidade em concentrações elevadas; ser fácil de manusear durante o processo de microencapsulação; apresentar baixa higroscopicidade para evitar aglomerações; ter elevada capacidade de incorporar o material a encapsular; proteger o material que será encapsulado de circunstâncias adversas, como oxigênio, luz e pH; não reagir com o composto que se quer encapsular; apresentar propriedades desejadas de liberação do material a encapsular; apresentar sabor agradável quando administrado por via oral; não possuir aroma (SANTOS; FERREIRA; GROSSO, 2000).

3.2.1 Maltodextrina

A maltodextrina é um polímero de unidades D-glicose ligadas por cadeia α -1,4 com peso molecular variado. Sua obtenção se dá pela hidrólise controlada do amido por via físico-química (calor, pressão e ácidos), enzimática (amilases), ou ambas as vias. Sendo que o amido utilizado pode ser obtido de várias fontes, como o milho, a batata e o arroz, a mandioca, o trigo e o sorgo, dependente da disponibilidade e do preço da matéria-prima (SILVA; JUNIOR BOGDAN; VISENTAINER, 2014).

Segundo Parikh, Agarwal e Raut (2014) o uso das maltodextrinas como veículo de secagem justifica-se pelo auxílio da dispersão, evitando a aglomeração do produto nas tubulações do spray, além disso, confere ao produto seco granulação homogênea e garantia de boa dispersão do produto em água ou solvente. Esse agente também é utilizado na forma de gelificantes e espessantes, previne a cristalização, auxilia na dispersibilidade e controla o congelamento. De modo geral, a maltodextrina é solúvel em água, possui baixa densidade e baixa viscosidade em altas concentrações, é menos higroscópica, não apresenta sabor adocicado ou de amido, além de apresentar baixo custo relativo.

3.2.3 Goma Arábica

De acordo com Carneiro (2011), a goma arábica ou goma acácia, é o exsudado gomoso dessecado dos troncos e dos ramos da Acacia senegal ou de outras espécies africanas de acácia. É um polímero que consiste principalmente de ácido D-glucurônico, L-ramnose, D-galactose e L-arabinose com cerca de 5% de proteína e é composta de duas frações: a primeira, composta de cadeias de polissacarídeos com pouco ou nenhum material nitrogenado, correspondendo aproximadamente a 70% da molécula; e a segunda, de moléculas de elevado peso molecular, com proteínas integrantes de sua estrutura.

Sua produção é feita por meio de um processo físico, onde primeira etapa é a purificação na forma líquida para remoção de qualquer material estranho. Então, a solução é pasteurizada e seca utilizando-se o Spray Dryer ou Drum Dryer (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2010). É um dos agentes encapsulantes mais utilizados atualmente, porque apresenta eficiente solubilidade em água, baixa viscosidade quando comparada a outros polissacarídeos de massa molecular

similar, boas propriedades emulsificantes, sabor neutro e alta estabilidade oxidativa. Além de ser inodora (CARNEIRO, 2011).

3.3 Pitaya

Santos, Pio e Faleiro (2022) explicam que as pitayas são conhecidas como *Dragon Fruit* ou Frutas-do-Dragão e são da família Cactaceae, a qual possui aproximadamente 100 gêneros e 1.500 espécies nativas das Américas. Aqui no Brasil, a pitaya é vista como uma fruta exótica pelo fato de ser pouco conhecida, exuberante e comercializada com alto valor, principalmente em mercados exigentes.

O gênero ao qual pertence a pitaya é o *Hylocereus* e dentro deste gênero as espécies mais cultivadas e difundidas em todo o mundo são: *Hylocereus undatus*, pitaya vermelha e com polpa branca; *Hylocereus polyrhizus*, pitaya com casca e polpa vermelho-púrpura, e *Hylocereus* ou *Selenicereus megalanthus*, pitaya amarela de polpa branca (SARMENTO, 2017).

A parte comestível da pitaya, correspondente ao mesocarpo, rende uma polpa viscosa contendo inúmeras pequenas sementes e representa de 60 a 80 % da massa total do fruto, sendo que a quantidade de casca fica em torno de 20 a 30%. A *Hylocereus undatus* tem em sua composição média cerca de 85 % de água, sólidos solúveis entre 12 e 14 °Brix, acidez de cerca de 350 mg ácido málico/100 g de polpa fresca e pH de 4,5. A *Hylocereus polyrhizus*, difere da anterior em tamanho, sendo geralmente menor, menos ácida (pH de até 4,98 e acidez aproximada de 250 mg ácido málico/100 g de polpa fresca) e difere também na coloração da polpa, devido à presença de betalaínas também no mesocarpo, enquanto a *Hylocereus undatus* apresenta o pigmento apenas na casca (ANGONESE, 2020).

Figura 1 – Foto das pitayas *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*



Pitaya vermelha de polpa branca *Hylocereus undatus* e pitaya vermelha de polpa vermelha *Hylocereus polyrhizus*, da esquerda para direita, respectivamente.

Fonte: Google imagens

A produção brasileira da pitaya, no ano de 2017, foi de 1.459 toneladas, com 640 produtores distribuídos em 536 hectares de área e gerando um valor bruto da produção (VBP) de cerca de R\$ 8,6 milhões. Os principais estados produtores da fruta são São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Pará que juntos somam 89,2% da produção nacional e 81,5% do VBP gerado na cultura. São Paulo contribui com 30,3% da área total e 41,2% da produção da fruta. Santa Catarina tem 9,7% da área total e 24,6% da produção. Minas Gerais com 6,0% da área total e 12,7% da produção. O Pará participa com 8,9% da área total e 10,7% da produção da fruta. Já o estado do Paraná, ocupou a 6^a posição nesse ranking em termos de quantidade, com 34 toneladas produzidas e o 7^o lugar em VBP (IBGE, 2019).

Segundo Santos, Pio e Faleiro (2022) a pitaya é uma fruta com potencial para produção de inúmeros produtos. Os frutos apresentam excelentes características para a industrialização, especialmente os de polpa colorida devido, principalmente, ao elevado rendimento de polpa e a coloração extremamente atrativa, sendo muito propícia para a produção de gelatos, geleias, licores, iogurtes, sucos, polpa congelada etc. Além disso, existem muitas técnicas de conservação para potencializar a concentração das substâncias bioativas presentes no fruto.

A casca tende a ser descartada como resíduo alimentar ou subproduto gerado pelo processamento de frutas minimamente processadas e sucos. No entanto, as cascas da pitaya também contêm abundantes substâncias nutricionais e bioativas, além de fibra alimentar, o que as tornariam propícias para ser aplicadas na produção de alimentos como ingredientes funcionais. Além disso, as cascas de

pitaya poderiam fornecer fitoquímicos com grandes bioatividade, especialmente betacianinas, que poderiam ser recuperadas para desenvolver alimentos funcionais ou com antioxidante que, adicionalmente contribuiriam com o aumento da vida útil de produtos alimentícios (JIANG *et al.*, 2021).

De acordo com Attar *et al.* (2022), as cascas da pitaya contêm vários nutrientes essenciais, incluindo lipídios, proteínas e carboidratos. Ao compará-la com as cascas de frutas como abacaxi, mamão, mirtilo, e pequi, as cascas de pitaya podem conter níveis mais elevados de cinzas, o que sugere a capacidade de fornecer mais minerais. Os níveis de fibra alimentar das cascas de pitaya também são significativamente maiores e, portanto, as cascas apresentam grande potencial para se tornar uma nova fonte de fibra alimentar.

3.4 Compostos Bioativos

Os compostos bioativos são uma categoria de substâncias naturais presentes em alimentos e têm se destacado como alvo central de pesquisas nas áreas de nutrição e saúde. Encontrados principalmente em alimentos de origem vegetal, esses compostos são notáveis por sua capacidade de influenciar positivamente a saúde humana, desempenhando um papel fundamental na prevenção de doenças e promoção do bem-estar (FALEIRO *et al.* 2010).

A ação dos compostos bioativos se estende por diversos níveis, desde as células até as vias moleculares de sinalização. Eles desempenham um papel crucial na modulação da expressão gênica, resultando em efeitos benéficos, como a redução do estresse oxidativo, controle da inflamação e fortalecimento do sistema imunológico. Por exemplo, os flavonóides, um grupo de compostos bioativos amplamente estudado, demonstram sua capacidade de inibir enzimas pró-inflamatórias e radicais livres, contribuindo para a prevenção de doenças crônicas (MELLO *et al.* 2015).

Ainda segundo o autor, alguns dos grupos de compostos bioativos são:

- Os flavonoides: este grupo inclui substâncias como a quercetina, catequinas e antocianinas, que estão amplamente distribuídas em frutas, vegetais e bebidas como o chá. Reconhecidos por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e anticancerígenas, os flavonóides desempenham um papel significativo na promoção da saúde;

- O grupo dos carotenoides, betacaroteno, licopeno e luteína são exemplos proeminentes deste grupo. Encontrados em vegetais de cores vibrantes, como cenouras e espinafre, os carotenóides são conhecidos por suas ações antioxidantes;
- Os polifenóis: esta categoria abrange uma ampla variedade de compostos, como o ácido gálico, resveratrol e quercetina. Presentes em frutas, vegetais e vinho tinto, os polifenóis exibem propriedades anti-inflamatórias, cardioprotetoras e anticancerígenas.

Segundo Faleiro *et al* (2010), ainda temos no grupo dos alcalóides a cafeína, a qual é um exemplo notável, comum em café, chá e cacau. Os alcalóides são conhecidos por seus efeitos estimulantes e seu potencial impacto na cognição.

A casca da pitaya contém as betalaínas que são uma classe de compostos em particular, e que possuem características antioxidantes, sendo enquadradas na categoria de compostos bioativos. Conforme a sua estrutura molecular ela pode formar dois subgrupos, as betacianinas e as betaxantinas, que são responsáveis pela coloração vibrante da fruta. As porcentagens exatas desses compostos podem variar, mas estudos indicam que as betacianinas podem compor cerca de 0,5% a 0,7% do peso da casca da pitaya. Já as betaxantinas podem estar presentes em torno de 0,02% a 0,03% do peso da casca. Estes pigmentos são reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e podem oferecer benefícios à saúde quando consumidos (CARMO; FERNANDES; BORGES, 2015).

3.4.1 Betalaínas

A pitaya é uma fonte importante de betalaínas que são um tipo de pigmento natural hidrofílico contendo nitrogênio com ácido betalâmico como cromóforo, que quando conjugado com ciclo-3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA) produz betacianinas (pigmentos vermelho-violeta) e quando conjugado com aminas e forma as betaxantinas (pigmentos amarelo-laranja). O teor de betalaínas pode variar de acordo com a espécie e partes do fruto. Alguns estudos demonstram que a casca pode ter maior teor desse composto do que a polpa (JIANG *et al.*, 2021).

Então, a betalaína é uma classe de compostos nitrogenados derivados do ácido betalâmico, que é responsável pela coloração vibrante da casca da Pitaya. Diferentemente da beterraba, que é a principal fonte comercial de extração de

betalaína, a pitaya oferece vantagens significativas. Segundo Lira *et al.* (2018), as betalaínas extraídas da pitaya não possuem sabor desagradável, ao contrário da beterraba, que pode apresentar notas de geosmina e pirasina, que produzem gostos indesejáveis. Além disso, as betalaínas da pitaya abrangem um amplo espectro de cores, variando do amarelo ao vermelho, tornando-as uma excelente matéria-prima para pigmentos em alimentos.

Quanto aos compostos fenólicos totais na pitaya, Morais *et al.* (2020) relatam que a quantidade varia de acordo com o solvente utilizado, sendo aproximadamente 6,59 mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra em água, não detectável em álcool 80% e cerca de 1,35 mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra em metanol 80%.

Em relação à dessorção do corante de pitaya em pó, Sousa *et al.* (2019) destacam que os dados se ajustaram bem ao modelo tri-paramétrico de GAB, permitindo uma análise detalhada do comportamento higroscópico do material. As isotermas de adsorção e dessorção de umidade da pitaya em pó são classificadas como do Tipo II, indicando alta capacidade de absorção de umidade do ar. O equilíbrio higroscópico é alcançado em 8 dias, e o armazenamento do corante de pitaya em pó deve ser feito em um ambiente com umidade relativa (UR) inferior a 60%.

Por fim, Alves, Monteiro e Pompeu (2018) conduziram estudos abordando a casca da pitaya, que representa aproximadamente 21% do fruto. Suas pesquisas revelaram que a temperatura exerceu a maior influência na extração de betalaínas e compostos fenólicos totais. As condições ótimas para a extração desses compostos foram determinadas, incluindo a proporção de etanol, temperatura e presença de ácido.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa experimental, descritiva e quantitativa. O preparo das amostras para as análises, assim como as próprias análises, foram realizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Londrina*, no Laboratório de Análise de Alimentos (A303) e no Laboratório Multiusuário (LabMult-LD).

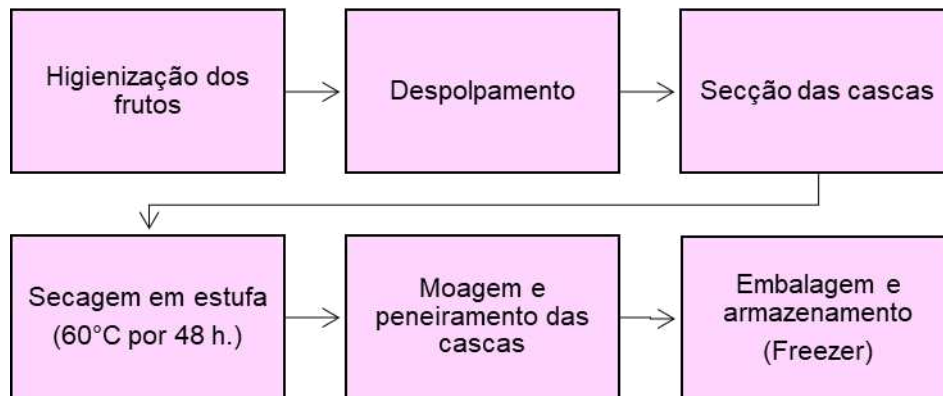
4.1 Materiais

Os frutos da pitaya branca (*Hylocereus undatus*) e vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) foram colhidos no mês de abril do ano de 2023. Ambas as espécies foram cedidas por um produtor rural da região da cidade de Londrina. Os frutos foram higienizados e as partes deterioradas foram removidas e eliminadas. As cascas foram separadas das polpas manualmente, sendo a polpa congelada para outros fins e as cascas procederam para a secagem para realização do presente estudo. Os agentes carreadores utilizados para a secagem foram a maltodextrina (MOR-REX® 1920), e a goma arábica (Instant Gum BA), ambos de grau alimentício. Todos os reagentes utilizados para as análises foram de padrão analítico.

4.1.1 Obtenção da farinha da casca da pitaya

As cascas da pitaya depois de higienizadas foram cortadas em quadrados com cerca de 2 cm, obtendo-se um peso de 1833 g. Elas foram secas em estufa a 60°C por cerca de 48 horas. Foram trituradas em moinho analítico (A11 Basic Ika®) e depois peneiradas a fim de obter um material o mais homogêneo possível, separando as partes maiores, conforme ilustrado na figura 2. Obteve-se um peso final do material de 135,8 g.

Figura 2 – Fluxograma de produção das cascas moídas (farinha)



Fonte: Autores (2023)

A farinha da casca foi armazenada no freezer, protegida da luz e umidade a fim de conservar suas propriedades, até os procedimentos e análises subsequentes.

Figura 3 – Foto da casca moída

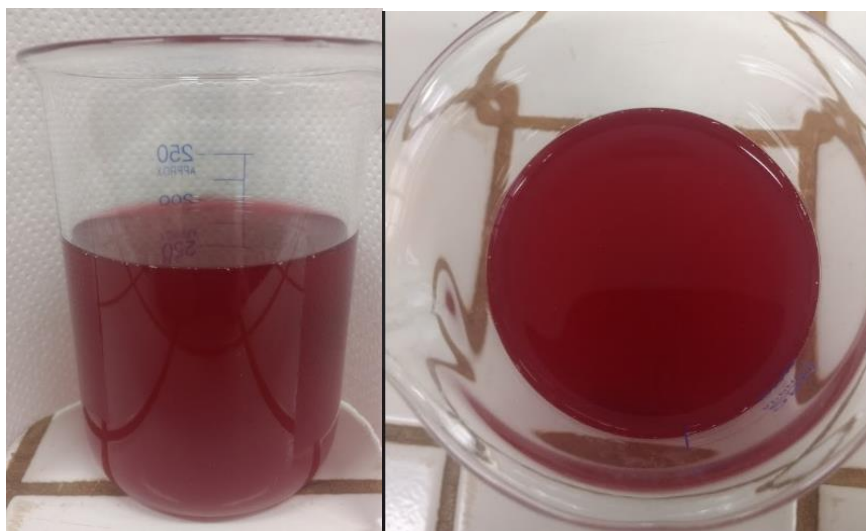


Fonte: Autores (2023).

4.1.2 Obtenção do extrato líquido da farinha da casca da pitaya

A obtenção do extrato líquido a partir da farinha da casca foi realizada utilizando apenas água destilada como solvente. Num béquer, foram depositadas 40 g da farinha da casca e 2000 g de água destilada, a mistura foi agitada com o auxílio de uma colher até a completa homogeneização. Foi então coberta com papel opaco a fim de proteger da luz e armazenada sob refrigeração por 48 horas, para que ocorresse a separação da parte sólida por meio da decantação. Depois de 48 horas o líquido foi retirado do bequer pelo método de sifonação com o auxílio de uma mangueira.

Figura 4 – Foto do extrato aquoso da casca da pitaya



Fonte: Autores (2023)

O extrato foi então depositado em recipientes plásticos, opacos (do tipo PIP, para cápsulas de medicamentos) e foram acondicionados no freezer até os próximos procedimentos.

4.1.3 Encapsulação do extrato aquoso por Spray Dryer

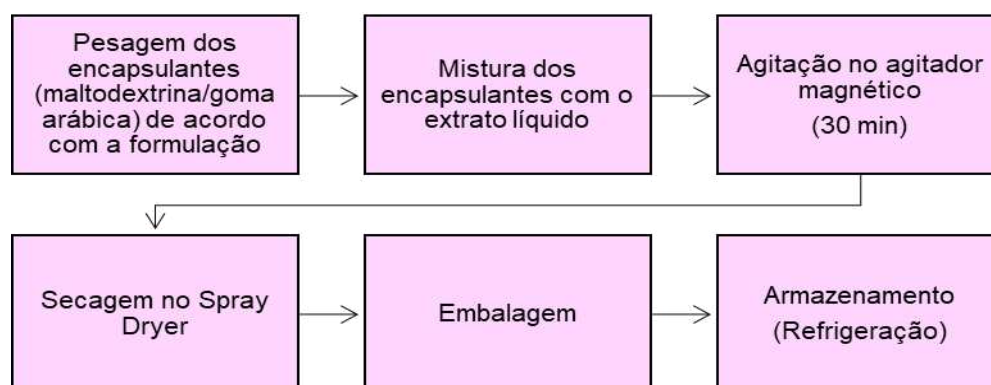
Para a secagem, concomitante com a microencapsulação do extrato aquoso, foi utilizado o equipamento Spray Dryer (MSDI 1.0, LABMAQ) em escala laboratorial. Os parâmetros de utilização do equipamento foram: 130°C de temperatura de

entrada; temperatura de saída de 98,5°C; 0,5 L/h de fluxo de alimentação; vazão de 1,65 m³/min.; e o diâmetro interno do bico atomizador foi de 0,7 mm.

Como agentes encapsulantes foram utilizadas a maltodextrina e a goma arábica, sendo preparadas três formulações nomeadas de F1, F2 e F3, todas com 20% de sólidos totais em cada 100 g de solução.

A formulação F1 foi preparada com 20 g de maltodextrina e 80 g do extrato aquoso da casca da pitaya, ou seja, 100% de maltodextrina. A formulação F2 foi preparada com 15 g de maltodextrina, 5 g de goma arábica e 80 g do extrato aquoso, ou seja, 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica. A formulação F3 foi preparada com 10 g de maltodextrina, 10 g de goma arábica e 80 g do extrato aquoso, ou seja, 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica. Na figura 5 pode-se observar o fluxograma de obtenção dos pós.

Figura 5 – Fluxograma de secagem no Spray Dryer



Fonte: Autores (2023)

Todas as três formulações foram agitadas num agitador magnético por 30 min., a fim de uma completa homogeneização. Depois foram secas no Spray Dryer com os parâmetros citados anteriormente no item 4.1.3, obtendo-se assim três pós com o mesmo teor de extrato líquido, teor de sólidos de 20 % m/m, com diferentes concentrações de maltodextrina e goma arábica e relação ao teor de sólidos.

Figura 6 – Foto dos pós das três formulações



F1, F2 e F3 da esquerda para direita

Fonte: Autores (2023)

Para cada 200 g de cada formulação preparada o rendimento foi de 3,4% para F1, 3,9% para F2 e, 3,2% para F3. Quando considerado apenas a quantidade de sólidos, os rendimentos foram de 16,8%, 19,4% e 16,1%, respectivamente.

Os pós, então, foram acondicionados em recipientes com proteção contra a luz e armazenados sob refrigeração até o momento das análises.

4.2 Métodos

Foram feitas as análises do extrato aquoso da casca da pitaya na sua forma líquida e do extrato encapsulado em forma de pó. As análises foram de acidez titulável, pH, fenólicos totais, determinação de atividade antioxidante pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP. Além disso, foi quantificado o teor de betacianinas por espectrofotometria. Especificamente para os pós, foram realizadas ainda análises de atividade de água, umidade, higroscopicidade, cor e solubilidade.

4.2.1 Análise da acidez titulável

A determinação da acidez titulável (AT) foi realizada de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008) por meio de volumetria potenciométrica, utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N e potenciômetro, até o titulado atingir o valor de pH de 8,2-8,4. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico (g/100 g ou g /100 mL), calculados por meio da equação (1):

$$\frac{V \cdot F \cdot M \cdot PM}{10 \cdot P \cdot n} = g \text{ de ácido} / 100 g \quad (1)$$

Onde: V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação em mL

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio

P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL

PM = peso molecular do ácido correspondente em g (ácido málico = 134 g)

n = número de hidrogênios ionizáveis (ácido málico = 2)

F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio.

4.2.2 Análise do pH

Os dados referentes ao pH foram obtidos por meio de pHmetro de bancada (Hanna Instruments - HI2221), com compensação de temperatura, previamente calibrado. O eletrodo foi submerso na amostra, sendo o valor registrado após estabilizada a leitura, de acordo com a metodologia do Adolfo Lutz (2008) e manual de instruções do equipamento.

4.2.3 Análise de fenólicos totais

A concentração de compostos fenólicos totais foi determinada pelo método Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965) e os resultados expressos em miligrama equivalente de ácido gálico por grama da amostra ou por mililitro (mg EAG/g ou mg EAG/mL).

Para a curva padrão de ácido gálico foi preparada uma solução na concentração de 1mg/mL. Em balões de 10mL, foram pipetados 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, e 0.1 mL da solução de ácido gálico. Então os balões foram acrescidos de água até o menisco, obtendo-se assim uma sequência de diluições.

A solução de carbonato de cálcio foi preparada na concentração de 7,5% v/v.

Em tubos de ensaio foram adicionados: 200µL da amostra, que no caso são as diluições do ácido gálico; 900 µL de água destilada; 100µL do reagente de Folin; e, 800µL da solução de carbonato de sódio. Para o branco, foram adicionados todos os itens, menos a amostra, que foi substituída por 200µL de água destilada. Os tubos

foram agitados por cerca de 5 segundos no Vórtex, e colocados dentro de um ambiente escuro para que ocorresse a reação, aguardando em torno de 30 minutos. Depois desse tempo, foram feitas as leituras de absorvância no equipamento Espectrofotômetro UV-VIS (S60 Libra, Biochrom) com comprimento de onda de 750 nm. Obtivemos assim, a seguinte equação da reta: $Y=0,7544x+0,0481$, com um $R^2 = 0,99$.

Para determinar os fenólicos totais no extrato aquoso da casca e nos pós, foram adicionados os mesmos itens, substituindo os 200µL da solução de ácido gálico por 200µL das amostras, sendo que os pós foram diluídos previamente.

4.2.4 Análise de antioxidantes totais

A atividade de captura de radicais livres foi mensurada usando três métodos, a saber, o método ABTS, o método DPPH e o método FRAP, utilizamos como base para os três, a metodologia de Rufino *et al.* (2007a), Rufino *et al.* (2007b) e Rufino *et al.* (2006).

O método ABTS consiste na captura do radical ABTS (2,2'- azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), que pode ser gerada através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática.

Para esta análise, foi preparada uma solução padrão com o reagente Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) de 2 mM. A partir dessa solução foram preparadas concentrações de 100 µM a 1.500 µM.

Foi preparada uma solução estoque de ABTS 7mM e uma solução de persulfato de potássio 140 mM. A partir dessas duas soluções o radical ABTS·+ é preparado. Com as diluições da solução de Trolox e o radical ABTS prontos, foram colocados para reagir durante 6 minutos e a leitura foi feita em espectrofotômetro à 734 nm. Foi feita então, a curva padrão e a equação da reta foi a seguinte: $y= - 0,0006x+0,7325$, $R^2 = 0,99$.

Para análise das amostras, os pós foram diluídos, foram colocados para reação com o radical ABTS e o extrato foi mantido na sua diluição original. Foi efetuada a leitura em espectrofotômetro e os resultados expressos em uM Trolox/g pó uM Trolox/mL.

O método DPPH se baseia na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1- picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorvância. Para essa

análise foi preparada uma solução de DPPH 0,06 mM e uma solução de Trolox 2000 M, variando a concentração de 100 µM a 1000 µM, foi construída a curva padrão obtendo a seguinte equação: $y = -0,0005x + 0,594$, $R^2 = 0,99$.

Para a análise das amostras, os pós foram diluídos. Elas foram colocadas em tubos de ensaio com a solução de DPPH, 30 minutos de reação a absorvância foi lida a 515 nm. Os resultados foram expressos em mM Trolox/g ou mM Trolox/mL.

O método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power - Poder Antioxidante de Redução do Ferro), consiste numa técnica que utiliza o reagente TPTZ (2,4,6-tripiridil-1,3,5-triazina) para determinar o poder de redução de determinada substância. Esse reagente, na presença de uma substância antioxidante redutora e em meio ácido, recebe um elétron e é reduzido.

Para esta análise foi preparada uma solução padrão de Trolox 1600 µM e a partir dela foram preparadas diluições na concentração de 160-800 µmol/L. E foi preparado o reagente FRAP a partir de três soluções: solução de TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina) 10 mM; solução de Cloreto férrico ($FeCl_3$) 20 mM; e solução tampão acetato 0,3 M com pH 3,6.

A partir da solução de Trolox e da solução do reagente FRAP, foi construída a curva padrão e obtida a seguinte equação: $y = 0,0013x - 0,0994$, com $R^2 = 0,99$.

Para as análises dos pós e do extrato foram colocados para reagir em tubo de ensaio uma alíquota de 100 µL do extrato, ou do pó diluído, que foi misturado com 300 µL de água destilada e 3000 µL do reagente FRAP. Os tubos foram agitados e mantidos em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-VIS (Biochrom, modelo Libra, Inglaterra) a 593 nm e o reagente FRAP empregado como branco para calibrar o equipamento. Os resultados foram expressos em mM Trolox/ g de amostra ou mL.

4.2.5 Análise de betacianinas

Para quantificar as betacianinas, utilizou-se a metodologia adotada por Utpott (2019). Os pós foram diluídos em água destilada na proporção de 4% m/v, e o extrato aquoso não foi diluído. A leitura foi realizada no espectrofotômetro UV-Visível. A absorvância foi analisada a 538 nm. A quantificação foi calculada com base na equação 2 .

$$Mg/100g = \frac{A_{538} * (MM) * V * (FD) * 100}{\epsilon * L * M} \quad (2)$$

Onde: A é a absorvância a 538 nm (λ_{max});

MM é a massa molar (550 g/mol para a betanina);

V representa o volume do extrato (mL);

FD representa o fator de diluição no momento da leitura;

ϵ é a absortividade molar (60000 L/mol-1 cm);

L é o comprimento do caminho óptico (1 cm),

M = massa de amostra utilizada para elaborar o extrato e massa do pó diluída (g).

4.2.6 Análise de atividade de água

A atividade de água (aW) foi determinada através do equipamento AQUALAB (AquaLab Series 4TEV) na temperatura de 25 °C, seguindo o manual do fabricante. As amostras foram depositadas em recipiente próprio do equipamento de maneira a ocupar cerca 50% de seu volume e então procedida a leitura.

4.2.7 Análise de umidade

A determinação de umidade foi executada segundo Instituto Adolfo Lutz (2008). Aproximadamente 2 g da amostra foi depositada em cápsula de porcelana. A amostra foi deixada em estufa a 105 °C por 3 horas, resfriada em dessecador e pesada, com a operação sendo repetida até o peso constante. Os cálculos foram realizados pela equação 3:

$$Umidade \% = \frac{N * 100}{P} \quad (3)$$

Onde: N = perda de massa em g ; P = massa da amostra em g

4.2.8 Análise de densidade aparente

A densidade aparente (ρ_b) foi avaliada segundo Maia (2017). Em uma proveta

de 10 mL foram pesados 2 g de pó, a proveta foi batida 50 vezes sobre a bancada e a densidade foi calculada pela equação 4:

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t} \quad (4)$$

Onde: Ms é a massa do pó e Vt é o volume que ele ocupou na proveta.

4.2.9 Análise de higroscopicidade

A análise de higroscopicidade foi analisada segundo Goula e Adamopoulos (2010). Foi distribuído 1 g de amostra sobre placas de Petri, previamente taradas, e posteriormente expostas em dessecador com 75% de umidade relativa, condicionada através de solução saturada de NaCl (aW = 0,75), à temperatura ambiente por 90 minutos. Os resultados foram calculados por meio da equação 5:

$$\text{Higroscopicidade \%} = \frac{A * 100}{B} \quad (5)$$

Onde: A = Ganho de umidade (g) sofrido pela amostra após 90 minutos de exposição em ambiente com 75% de umidade relativa; B = Peso da amostra (g).

4.2.10 Análise de solubilidade

Para essa análise, seguimos os procedimentos propostos por Cano-Chauca *et al.* (2005). Adicionamos 50 ml de água destilada a 0,5 g de amostra em um tubo de centrífuga. A mistura foi homogeneizada em Vórtex durante 1 minuto e posteriormente centrifugada a 3000 rpm por 5 minutos. Foi retirada uma alíquota de 25 ml do sobrenadante e transferida para uma cápsula de porcelana previamente tarada e armazenada em estufa a 105 °C por 24 horas. O cálculo foi feito com a equação 6:

$$\text{Solubilidade \%} = \frac{M_f * 100}{M_i} \quad (6)$$

Onde: Mf = Massa final da amostra; Mi = massa inicial da amostra.

4.2.11 Análise de cor

A cor dos pós foi avaliada por meio do colorímetro (Konica-Minolta CR-400). As amostras foram colocadas em placas de petri em quantidade suficiente para cobri-las, sendo avaliadas as coordenadas L^* , a^* , b^* , em três pontos da placa. A variável " L^* " é a luminosidade (em escala de 0 a 100, indicando pouco brilho e muito brilho, respectivamente); a^* é a variação do verde ao vermelho, cujos valores negativos correspondem à intensidade da cor verde e os positivos, à intensidade da cor vermelha; b^* é a variação do azul ao amarelo, cujos valores negativos correspondem à intensidade da cor azul e os valores positivos, à intensidade da cor amarela (CIE, 2007).

4.2.12 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre as médias identificadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa BioEstat 5.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e as discussões das análises se encontram na ordem em que foram apresentados na metodologia, sendo agrupados nas tabelas de forma a tornar a discussão dos mesmos mais pertinente e organizada.

5.1 pH e acidez titulável

Na tabela 1 encontram-se os resultados referentes as médias e desvio padrão de pH e acidez titulável.

Em geral a pitaya revela um pH que se aproxima do estado de neutralidade. É relevante observar que os presentes resultados não corroboram com os de Fernandes *et al.* (2010) e Stintzing, Schieber e Carle (2003), que obtiveram níveis de pH em torno de 4,82 e 4,6, respectivamente.

Tabela 1 – pH e acidez titulável dos pós e do extrato líquido

Amostra	pH	Acidez (g de ácido málico %)
F1	6,44 ± 0,08 ^a	0,21 ± 0,00 ^a
F2	6,14 ± 0,25 ^a	0,22 ± 0,00 ^a
F3	6,2 ± 0,25 ^a	0,21 ± 0,00 ^a
Extrato líquido	5,49 ± 0,03 ^b	0,04 ± 0,00 ^b

F1 : 100% de maltodextrina; F2: 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica; F3: 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica.

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Autores (2023).

Como pode-se observar, apenas o extrato líquido apresentou diferença significativa, tanto para os valores de pH quanto para acidez titulável, em relação às três formulações. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que ao concentrarmos o extrato durante o processo de secagem, pode ter ocorrido também a concentração do ácido orgânico, uma vez que as três formulações, F1, F2 e F3, apresentaram maior quantidade de ácido em relação ao extrato. Matos *et al.*, (2018), encontraram o valor de 0,2 % de ácido málico quando avaliaram a casca da pitaya, o que está de acordo com o apresentado neste trabalho.

O pH influencia a solubilidade, atividade enzimática e reações químicas,

impactando a eficiência da extração e a estabilidade dos compostos. Além disso, é crucial na caracterização analítica, afetando propriedades físico-químicas dos extratos. Manter condições controladas de pH assegura resultados confiáveis, sendo essencial para preservar as propriedades antioxidantes dos compostos bioativos da pitaya ao longo do estudo.

Os resultados encontrados segundo as análises de pH mostram que, entre as 3 amostras que foram realizadas os testes, apresentaram um pH e acidez titulável com valores estatisticamente iguais ($p > 0,05$), sendo os valores de pH entre 6,44 e 6,14, o que demonstra uma ótima estabilidade com as diferentes formulações das frações utilizadas. Assim, o fato de alterar as proporções dos agentes encapsulantes, se fosse o caso, não alteraria essa propriedade, considerando as condições apresentadas.

A acidez titulável, representada pela quantidade de base necessária para neutralizar os ácidos presentes, reflete diretamente na acidez do extrato e está ligado diretamente aos valores encontrados de pH, o que pode assegurar a validade e consistência dos resultados obtidos. Para essa análise, também encontramos resultados próximos ($p > 0,05$), com uma variação entre 0,213% e 0,215% de ácido málico utilizado.

5.2 Antioxidantes e compostos fenólicos

Na Tabela 2 encontram-se os resultados médios das análises de compostos fenólicos e atividade antioxidantes pelos três diferentes métodos.

Os dados pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP indicam uma significativa atividade antioxidante no extrato em pó da casca da pitaya. As variações na composição dos agentes carreadores nos pós podem ter influenciado na atividade antioxidante observada.

É possível observar que a maior atividade antioxidante e compostos fenólicos estão presente na fração F3 que foi microencapsulada com uma porcentagem maior de goma arábica, o que pode ter proporcionado uma maior proteção da atividade de antioxidante do extrato seco da casca da pitaya. Pode ser também que os compostos presentes no extrato líquido interagiram melhor com a goma arábica.

A atividade antioxidante do extrato é atribuída a flavonoides, betalaínas e ácidos fenólicos. Os resultados destacam a casca da pitaya como fonte rica em

compostos bioativos antioxidantes. O extrato pode ser aplicado como suplemento alimentar ou ingrediente para melhorar a capacidade antioxidante de alimentos e bebidas.

Chet (2009) detectou um teor de fenólicos totais de 3,32 mg EAG / 100 g na casca da pitaya. Além disso, Yusof *et al.* (2012) observaram que a pitaya, quando transformada em pó por meio do processo de desidratação, mantém uma parcela significativa de seus nutrientes vitais. A pitaya desidratada pode ser considerada um componente funcional, enriquecendo alimentos com sua contribuição de compostos fenólicos e sua valiosa atividade antioxidante.

Tabela 2 – Antioxidantes totais e compostos fenólicos

Amostras	Compostos fenólicos (mg EAG/ g ou mL)	ABTS (mM Trolox/ g ou mL)	DPPH (mM Trolox/ g ou mL)	FRAP (mM Trolox/ g ou mL)
F1	0,37 ± 0,02 ^a	_____	137,67 ± 3,89 ^a	41,04 ± 0,51 ^a
F2	0,57 ± 0,02 ^b	_____	170 ± 5,33 ^a	45,40 ± 1,20 ^a
F3	0,67 ± 0,03 ^c	_____	182,33 ± 8,56 ^a	65,14 ± 7,99 ^a
Extrato líquido	1,22 ± 0,01 ^d	305,82 ± 0,07	1029,33 ± 2,22 ^b	1004,92 ± 2,64 ^b

F1 : 100% de maltodextrina; F2: 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica; F3: 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica.

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Autores (2023).

No trabalho de Santos (2020), o autor analisou a atividade antioxidante da casca da pitaya e encontrou os resultados mais expressivos pelos métodos FRAP e ABTS. Ele obteve os valores de 266,37µM sulfato ferroso/g de casca e 344,13, uM de Trolox /g de casca respectivamente, ou seja, valores inferiores aos que encontramos. Porém, no mesmo trabalho, quando Santos (2020) avaliou os compostos fenólicos, os seus resultados ficam entre 385 e 506 mg EAG/ 100g. No caso desse estudo, o conteúdo de fenólicos apresentou valor inferior ao do referido autor, esse fato pode sugerir que o método de secagem ou o tempo de armazenamento da casca e do extrato podem ter degradado esses compostos, ou mesmo a sua interação com os agentes encapsulantes, maltodextrina e goma arábica.

Quando se analisa a tabela 2, a coluna referente ao método ABTS não foi possível detectar atividade de antioxidante para as amostras F1, F2 e F3 e apenas o

extrato líquido apresentou resultados. Isso pode ter ocorrido devido à uma série de fatores, como a limitação do método, o tipo de solvente utilizado, no caso a água, ou à interação dos reagentes com os agentes encapsulantes dos pós. No momento do preparo das amostras para as análises, ao adicionarmos o radical ABTS nos tubos de ensaio, os mesmos adquiriram uma coloração opaca e esbranquiçada, sendo que a leitura no espectrofotômetro não teve sucesso.

5.3 Betacianinas

Na tabela 3 estão dispostos os resultados para análise de betacianinas, a quantidade desse composto está diretamente relacionado com a coloração vermelha da casca da pitaya.

Tabela 3 – Betacianinas

Amostras	Betacianinas (mg/100g)
F1	166,72 ± 2,85 ^a
F2	321,98 ± 6,61 ^b
F3	359,03 ± 4,33 ^b
Extrato líquido	2132,01 ± 1,02 ^c

F1 : 100% de maltodextrina; F2: 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica; F3: 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica.

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Autores (2023).

No artigo de Alves, Monteiro e Pompeu (2018), os autores encontraram os valores de 5,90 mg/100g de amostra, ao realizarem a extração num tempo de 120 minutos, no caso deste trabalho, a extração foi realizada num tempo de 48 horas e obteve-se um valor maior: 2132 mg/100g, ou seja, pode-se sugerir que o tempo influi significativamente na extração.

Jamilah *et al.* (2011), encontraram o valor de 150 mg/100g de amostra na casca da pitaya. Segundo os autores, as betacianinas podem manter sua coloração típica em uma ampla faixa de pH, de 4 a 7, sendo um pigmento propício, principalmente para alimentos com baixo teor de ácido como os produtos lácteos. Já Rebouças (2019) encontrou o conteúdo de 28,05 mg/100g no extrato líquido da casca da pitaya, e no extrato seco por liofilização o valor de 47,35 mg/100 g, ou seja,

pode-se inferir que, ao concentrar o extrato, o conteúdo de betacianina aumentou, porém, neste trabalho ocorreu justamente o contrário, já que ao concentrarmos o extrato líquido por atomização o conteúdo de betacianina diminuiu. Isso pode ter ocorrido devido ao conteúdo de extrato ter diminuído quando adicionos-se as diferentes concentrações dos agentes carreadores.

Os parâmetros de cor e quantificação de betacianinas estão diretamente relacionados à eficiência no processo de extração que depende das concentrações utilizadas, espécie do fruto utilizado, seu estágio de maturação, tipo de solvente e processo de extração, já discutidas anteriormente. Além disso, o processo de secagem, a quantidade e o tipo de material encapsulante utilizado vão interferir no teor de betalaínas que podem ser obtidas no pó e conseqüentemente interferir na sua cor. O método de extração também pode ter influenciado, e também outras condições de processo no spray, diferentes proporções de material de parede e diferente concentração de sólidos poderiam elevar a concentração.

5.4 Atividade de água e umidade

A análise da atividade de água é de suma importância em diversos campos, desempenhando um papel crucial na avaliação da estabilidade, segurança e qualidade de produtos em setores como alimentos.

As análises mostraram uma atividade de água entre 0,29 e 0,24, o que é considerado uma atividade de água baixa, e sugere que para um extrato seco o material está em uma condição de baixa umidade e, portanto, é provavelmente mais estável em termos de conservação e durabilidade.

Os resultados das análises de umidade indicam que o extrato da casca da pitaya apresenta uma variação de teor de água entre 5,92% e 6,21%. Essa faixa de umidade revela a presença de água dentro desse intervalo em relação ao peso total do extrato seco. Em um comparativo com a atividade de água, confirma a afirmação de que o percentual de umidade está baixo.

Tabela 4 – Atividade de água e umidade

Amostras	Atividade de água	Umidade (%)
F1	0,27 ± 0,00 ^a	6,21 ± 0,28 ^a
F2	0,29 ± 0,01 ^a	5,95 ± 0,20 ^a
F3	0,24 ± 0,04 ^a	5,92 ± 0,19 ^a

F1 : 100% de maltodextrina; F2: 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica; F3: 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica.

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autores (2023).

No trabalho de Rebouças (2019), a autora obteve uma umidade de 7,38% e 0,42 de atividade de água, para o pó seco por liofilização, o que sugere que a secagem por spray drying, como foi o caso deste trabalho, apresentou melhores resultados, se o objetivo fosse diminuir esses parâmetros nos pós.

5.5 Densidade, higroscopicidade e solubilidade

Na tabela 5 estão dispostos os resultados das análises de densidade aparente, higroscopicidade e solubilidade.

Tabela 5 – Densidade, Higroscopicidade e Solubilidade

Amostras	Densidade aparente (g/ml)	Higroscopicidade (%)	Solubilidade (%)
F1	0,47 ^a	5,07 ± 0,86 ^a	46,03 ± 1,20 ^a
F2	0,47 ^a	4,35 ± 0,71 ^a	44,89 ± 1,57 ^a
F3	0,47 ^a	6,20 ± 0,34 ^a	46 ± 0,70 ^a

F1 : 100% de maltodextrina; F2: 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica; F3: 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica.

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Autores (2023)

A determinação da densidade aparente é importante para produtos em pó porque influencia nas suas características físicas, ou seja, o espaço que o mesmo pode ocupar, permitindo adequar as condições em que o mesmo será estocado, processado, embalado e em quais condições será transportado para distribuição (MAIA, 2017). Quando os interespaços entre as partículas são minimizados durante o teste de agitação, o resultado é uma densidade aparente maior (ZHANG *et al*,

2019).

A densidade aparente das três formulações não apresentou diferença significativa, ambas obtiveram valores de 0,47 g/mL. No trabalho de Cavalcante *et al* (2017), obtiveram um valor de 0,53g/mL, para polpa de graviola em pó. E Dantas (2018), obteve valores de 0,63 a 0,64g/mL. Já Maia (2017), encontrou o valor de 0,80 g/mL para pó misto de umbu e acerola. Pós com maior densidade são desejáveis, pois ocupam um volume de embalagem relativamente menor do que aqueles com menor densidade aparente, reduzindo assim os custos de embalagem e transporte do produto final.

A higroscopicidade é importante em produtos secos porque nos fornece indícios de sua capacidade de absorção de água em um ambiente. Pós com alto índice de higroscopicidade necessitarão de cuidados especiais com embalagem e armazenamento, visando a conservação e manutenção das características do produto (MORAES, 2014).

Segundo Gea (2010), os pós são classificados, de acordo com os valores de higroscopicidade, em não higroscópicos, ligeiramente higroscópicos, higroscópicos, muito higroscópicos e extremamente higroscópicos. De acordo com a tabela 5, todas as formulações de pós apresentaram uma higroscopicidade <10%, o que os classifica como pós não higroscópicos, sendo que as três formulações não diferiram significativamente entre si nesse quesito.

No trabalho de Ferreira *et al* (2014), os autores encontraram valores de higroscopicidade entre 8 e 9,5%. E no trabalho de Cavalcante *et al* (2017), os valores ficaram entre 7,55 e 13,4%, respectivamente. Segundo ele a maltodextrina é um material de baixa higroscopicidade e apresenta bons resultados como coadjuvante nos processos de secagem de alimentos.

A determinação da solubilidade é importante, pois podemos verificar a dissolução das partículas pelo líquido, desde que estas sejam solúveis. É uma medida utilizada para verificar a capacidade do pó para manter-se em mistura homogênea com a água, ou seja, a estabilidade da mistura (DANTAS, 2018).

Na tabela 5, os valores de solubilidade ficaram entre 45 e 46%, sem diferença significativa entre as amostras, então podemos inferir que o material utilizado com encapsulante não afetou esse parâmetro. No trabalho de Moraes (2014), a autora encontrou valores entre 95 e 98% de solubilidade para pós utilizando goma arábica como agente encapsulante. Já Dantas (2018), obteve valores de solubilidade entre

23 e 26%, para pós suco de fruta utilizando a maltodextrina com encapsulante. Cavalcante *et al* (2017), obteve o valor de 55,7% de solubilidade para pó de polpa de graviola com maltodextrina.

Segundo Maia (2017), as características da matéria-prima, as condições de secagem do produto e o tipo de encapsulante, são fatores importantes que afetam a solubilidade de um pó. E ainda, segundo ele, quando é utilizado a maltodextrina como encapsulante, o pó tende a ter solubilidade satisfatória. No entanto, devido a variabilidade dos valores desse parâmetro, encontrados por outros autores, não pode-se dizer ao analisarmos a tabela 5, que os valores foram satisfatórios ou não.

5.6 Cor

A cor é um parâmetro importante, pois em alimentos, relaciona-se com a qualidade do mesmo e com a aceitação do consumidor (MAIA, 2017; KRIGGER, 2019).

Na tabela 6, estão apresentados os resultados da análise de cor.

Tabela 6 – Cor

Amostras	L	a*	b*
F1	86,86 ± 0,82 ^a	11,16 ± 0,60 ^a	4,60 ± 0,20 ^a
F2	83,95 ± 2,38 ^a	11,15 ± 0,94 ^a	3,30 ± 0,22 ^b
F3	85,47 ± 0,71 ^a	12,72 ± 0,21 ^a	3,73 ± 0,08 ^b

F1 : 100% de maltodextrina; F2: 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica; F3: 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica.

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Autores (2023).

Como podemos observar na tabela 6 os valores de L, ficaram entre 84 e 87, não houve diferença significativa entre as formulações. Rebouças (2019), encontrou o valor de 79 para a coordenada L e 46. O parâmetro L nos indica a luminosidade ou claridade das amostras e esses valores elevados podem ser explicados pela presença dos encapsulantes, que possuem cor branca quando em pó e transparentes quando dissolvidos, promovendo a coloração mais clara do extrato após a secagem.

Quando observamos os valores de a*, confrontados com os de L, pode-se

inferir que a amostra ficou com coloração rosa claro, o que pode ser em decorrência da baixa concentração de pigmentos do extrato aquoso antes de ter sido seco, ou seja, para uma coloração com um tom mais avermelhado, pode ser necessário uma remoção parcial da água antes da secagem, o que poderia resultar em menor teor de adição dos encapsulantes, maltodextrina e goma arábica.

Em Rebouças (2019), a autora obteve para a coordenada a^* o valor de 46, que pode ser considerado bastante superior ao nosso. No entanto, seu extrato foi obtido das cascas frescas da pitaya e o método de remoção de água foi o de liofilização. No caso do presente trabalho, primeiro secou-se as cascas em estufa, depois elas foram transformadas em pó por meio de moagem e só depois fizemos a extração dos pigmentos. Isso pode ter contribuído para a perda de coloração, visto que muitas substâncias se degradam principalmente com a adição de calor e presença de luz.

Melo (2019), em seu estudo sobre extrato de beterraba encapsulado com maltodextrina, obteve valores de a^* entre 9 e 10, ou seja, menores do que os nossos, no entanto, como os seus valores de L foram menores do que os nossos, ficaram entre 28 e 31, assim, visualmente os seus pós apresentaram coloração mais vermelha e melhor pigmentação.

Figura 7 – Foto dos pós microencapsulados



F1 : 100% de maltodextrina; F2: 75% de maltodextrina e 25% de goma arábica; F3: 50% de maltodextrina e 50% de goma arábica, da esquerda para direita.

Fonte: Autores (2023)

Apesar da coloração rosa, de tonalidade clara, os pós foram eficientes, do nosso ponto de vista, para aplicação como corantes em leite e água destilada, apenas a título de curiosidade (ver APÊNDICE).

6 CONCLUSÃO

Em geral, os resultados obtidos a partir no presente estudo, embora com algumas diferenças em relação a outros autores, demonstram que a as cascas das pitaias vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e branca (*Hylocereus undatus*) são elementos ricos em compostos fenólicos e betalaínas. Além disso, os pós apresentam atividade antioxidante quando analisadas pelos métodos DPPH e FRAP. Os compostos fenólicos apresentados nas formulações analisadas, quando comparados a resultados obtidos na literatura, mostraram-se dentro do padrão. Já em relação ao uso do corante betalaína, o método empregado para microencapsulação apresentou-se eficiente para a produção do pó do extrato.

Considerando que as cascas das pitayas branca e vermelha podem representar fontes ricas de antioxidantes, os resultados obtidos apontam que elas devem ser consideradas como uma nova fonte promissora para potencial uso como ingrediente de valor econômico agregado, a fim de auxiliar na manutenção de uma dieta saudável e na prevenção de doenças crônicas. Ainda, além de disponibilizar compostos naturais benéficos à saúde, o reaproveitamento da casca da pitaya também contribui para a redução do descarte desses compostos.

Portanto, diante disso, com o presente trabalho, pode-se concluir que foi possível obter pós secos por spray drying a partir do extrato da farinha da casca das pitayas e a partir disso realizar as análises físico-químicas do corante, avaliação antioxidante e de compostos fenólicos, e concluir que, de acordo com os valores obtidos, apresentou potencial de uso em alimentos.

Porém, mais estudos ainda são necessários para complementar os dados aqui disponibilizados. Esperamos que no futuro seja possível reproduzir resultados semelhantes para valorizar a utilização e comercialização dessa parte importante da fruta, que normalmente é desperdiçada.

REFERÊNCIAS

ADITIVOS E INGREDIENTES. **Goma arábica ou goma acácia**. São Paulo: Insumos, n. 73, out. 2010.

ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para análise de alimentos**. 4 ed., 2008.

ALVES, A; MONTEIRO, L; POMPEU, D. Otimização da extração sólido-líquido de compostos fenólicos totais e betalaínas da casca de frutos de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **R. bras. Technol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 2556-2577, jan./jun. 2018.

ANGONESE, Mariana. **Potencial bioativo e tecnológico de polpas de pitaya (*Hylocereus spp.*) frescas e desidratadas**. 2020. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2020.

ATTAR, Sule Hilal *et al.* Nutritional Analysis of Red-Purple and White-Fleshed Pitaya (*Hylocereus*) Species. **Molecules**, v. 27 , n. 3, p. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa nº 211, de 1º de março de 2023. Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 mar. 2023. Seção 1, p. 110.

CANO-CHAUCA, M. *et al.* Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>.

CARNEIRO, H. C. F. **Microencapsulação de óleo de linhaça por spray drying: influência da utilização de diferentes combinações de materiais de parede**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CARMO, E. L.; FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S.V. Microencapsulação por *Spray Drying*, novos Biopolímeros e Aplicações na Tecnologia de Alimentos. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry** - v. 01, n. 02, p. 030–044, 2015.

CAVALCANTE, C. E. B. *et al.* Avaliação dos parâmetros de secagem da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 20, e2016015, 2017.

CIE, Commission Internationale de Eclairage, **Colorimetry: CIE 1976 L* a* b* colour space**, Vienna, Austria, 12 p. 2007.

CHET, N. W. **Total Phenolic and Total Flavonoids Content of Pitaya Peels by Water Extraction**. 90 f. Tese (Bacharelado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química e Recursos Naturais, Universidade da Malaysia, Pahang, 2009.

DANTAS, Priscylla Ventura de Sena. **Influência do congelamento do suco e do fruto da laranja (*Citrus sinensis*) nas propriedades físico-química dos pós de suco obtidos por spray dryer**. 2018. 86 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. Drying Technology: **International Journal**, v. 23, n.7, p.1361-1364, 2005.

DE SOUSA, Erica Milene Pinto *et al.* Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) em diferentes concentrações de maltodextrina. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 118, n. 2, p. 1-9, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.24215/16699513e029>. Acesso em: 12 maio 2023.

DRUNKLER, Deisy. A.; FETT, Roseane.; BORDIGNON Marilde. T. **Avaliação da estabilidade de betalaínas em extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) com a-, b- e g- ciclodextrinas**. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da UFSC. Curitiba, v. 24, n. 1, jan./jun. 2006.

FALEIRO, F. G *et al.* **Caracterização físico-química e de compostos funcionais em frutos de pitaya**. In: CONGRESSOBRASILEIRO DE FRUTICULTURA, V.21, 2010. Natal: SBF, 2010.

FELLOWS, P. **Tecnologia de processamento de alimentos**. Tradução e revisão técnica: Júlio Alberto Nitzke. 4ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2019.

FERNANDES, L. M. S. *et al.* Características pós-colheita em frutos de pitaya orgânica submetida a diferentes doses de irradiação. **Revista Biodiversidade**, v. 9, n. 1, p. 15-22, 2010.

FERREIRA, A. P. R. *et al.* Comportamento higroscópico de polpa de seriguela atomizada utilizando diferentes agentes carreadores de secagem. In: XX COBEQ – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. **Anais**. Florianópolis, 2014.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **A Microencapsulação a serviço da Indústria Alimentícia**. 2013. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060432070001464964229.pdf. Acesso em 08 mai 2023.

GEA Niro Research Laboratory. **GEA Niro analytical methods**. Disponível em: <<http://www.niro.com/methods>> Acesso em: 15 set. 2023.

GHARSALLAOUI, A. *et al.* Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**. V.40, p.1107–1121. 2007.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 2, p. 342-351, 2010.

GRANGEIRO JÚNIOR, Edilberto Alves. **Comparação de diferentes técnicas de microencapsulação contendo betalaínas e avaliação da atividade antioxidante pelo método de DPPH**. 2016. 70f. Monografia (Bacharelado em Farmácia) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – PB, 2016

GUNASENA, H. P. M.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; KARIYAWASAM, M. **Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. Underutilized fruit trees in Sri Lanka**. New Delhi, World Agroforestry Centre, p. 110-142, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pitaita/br>> Acesso em: 12 nov. 2023.

JAMILAH, B. *et al.* Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, v.18, p.279-286, 2011. disponível em: <[http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20\(01\)%202011/\(28\)%20IFRJ-2010-060%20Jamilah%20UPM\[1\].pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20(01)%202011/(28)%20IFRJ-2010-060%20Jamilah%20UPM[1].pdf)> Acesso: Mai 20, 2023.

JIANG, Haitao *et al.* Nutrição, perfil fitoquímico, bioatividades e aplicações na indústria alimentícia das cascas da pitaya (*Hylocereus* spp.): uma revisão abrangente. **Trends in Food Science & Technology**. V. 116, p. 199-217, out. 2021.

LIRA, S *et al.* **Caracterização fitoquímica dos extratos bruto e aquoso da polpa e da casca de Pitaya vermelha (*hylocerus polyrhizus*)**. A Face Multidisciplinar das Ciências Agrárias 4, Capítulo 8, p. 67 – 78. 2018.

NUNES, Graciele Lorenzoni. **Microencapsulação por spray drying do extrato crioconcentrado de erva mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hill) empregando a maltodextrina como agente encapsulante**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MAIA, S. E. S. **Obtenção de pó misto de umbu e acerola por atomização**. 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

MATOS, M. G. *et al.* Características químicas da polpa e casca de pitaya. **ENPOS: 10º Encontro de Pós Graduação**. Universidade Federal de Pelotas, 2018.

MELLO, Fernanda Robert. **Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya e determinação do potencial do mesocarpo como corante natural para alimentos**. 2014. 100 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MELO, Monnykhe Lorena de Oliveira. **Avaliação da atividade antioxidante do extrato de beterraba (*beta vulgaris*) na forma alcoólica e microencapsulada com maltodextrina**. 2019. 63 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.

MELLO, F. R. *et al.* Propriedades antioxidantes, quantificação e estabilidade das betalainas da casca da pitaya (*Hylocereus undatus*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p.323-328, fev. 2015.

MORAES, Francisca Pereira. **Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale* L.) por atomização em *spray dryer*: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto**. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

MORAIS, M *et al.* Determinação dos compostos fenólicos totais em cascas de frutas encontradas no cerrado brasileiro. **Revista Desafios – Suplemento**, v. 7, p. 26-33. 2020.

PARIKH, Aakash; AGARWAL, Siddharth; RAUT, Kirtesh. A review on applications of maltodextrin in pharmaceutical industry. **International Journal of Pharmacy and Biological Sciences**. V 4, n 1, p.67-74. Out-dez. 2014.

REBOUÇAS, Cintia Regina. **Aplicação de corante natural obtido de extrato em pó da casca em sorvete**. 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4 p.(Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 125).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007a. 4 p.(Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 128).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007b. 4 p.(Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 127).

SANTOS, D. N.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. G. **Pitaya: uma alternativa frutífera**. Brasília: ProImpress. 2022

SANTOS, A.B.; FERREIRA, V.P.; GROSSO, C.R.F. Microcápsulas – uma alternativa viável. Microencapsulação de produtos sensíveis à oxidação: óleo-resina de páprica. **Biociência, Ciência & Desenvolvimento**, v.16, p.26-30, 2000.

SARMENTO, José Darcio Abrantes. **Qualidade, compostos bioativos e conservação da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido brasileiro**. 2017. 146 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Semiárido Brasileiro, Mossoró, 2017.

SILVA, M. V.; JUNIOR BOGDAN, D.; VISENTAINER, J. V. Produção e caracterização de maltodextrinas e sua aplicação na microencapsulação de compostos alimentícios por spray drying. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 16, n. 1, jan./jun. 2014.

SINGLETON, V. L.; ROSSI JR., J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

SOBRINHO, Elis Cristine de Souza; FARIAS, Melina Campagnaro. A microencapsulação na indústria alimentícia. **Infarma – Ciências Farmacêuticas**, v. 24, n. 1-3, p. 84-93, 2012.

SOUSA, E *et al.* Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) em diferentes concentrações de maltodextrina. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, Vol 118 (2): 1-9. 2019.

SOUSA, E. M. P. ; COSTA, W. J. P.; FARIA, L. J. G. Higroscopicidade do corante de pitaya (*Hylocereus costaricensis*) em pó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 37, 2015, São Carlos - SP. **Anais**. p.1786-1795. Disponível em: < <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-list/enemp-2015-257/list#articles>>. Acesso em: 05 maio 2023.

SUAVE, J *et al.* Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 7, n. 2, dez. 2006.

UTPOTT, Michele. **Desenvolvimento de farinha de pitaya de polpa vermelha (*hylocereus polyrhizus*) e microcápsulas de betalainas como ingredientes alimentares**. 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos Naturais Bioativos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009.

YUSOF, Y. A, *et al* .The drying and tableting of pitaya powder. **Journal of Food Process Engineering**, v. 35, n. 5, p. 763–771, 2012

ZHANG, Chuang *et al*. Microencapsulation of fermented noni juice via micro-fluidic-jet spray drying: Evaluation of powder properties and functionalities . **Powder Technology**. v. 361, p. 999-1005, feb. 2020.

APÊNDICE

Figura 1 - Foto de leite integral colorido com os pós das três formulações, F1, F2 e F3, da direita para esquerda, respectivamente. Numa proporção de 1% m/m.



Figura 2 - Foto de água destilada colorida com os pós das três formulações, F1, F2 e F3, da direita para esquerda, respectivamente. Numa proporção de 1% m/m.

