

PRODUÇÃO DE PÓ DE ORA-PRO-NOBIS (*Pereskia aculeata* Miller) POR CAST-TAPE DRYING E POR LIOFILIZAÇÃO

ORA-PRO-NOBIS (*Pereskia aculeata* Miller) POWDER PRODUCED BY CAST-TAPE DRYING AND FREEZE-DRYING

DOI: <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v5i1.646>

¹DULCE KATARINA MEIRA ALVIM

Universidade Federal de Sergipe, katarinadulce9@gmail.com

²FELIPE GOIS MOTA

Universidade Federal de Sergipe/Departamento de Tecnologia de Alimentos, felipegoismota15@gmail.com

³MARIA SZA AMARAL SANTOS FERREIRA

Universidade Federal de Sergipe/Departamento de Tecnologia de Alimentos, mszaamaral@gmail.com

⁴FREDERICO ALBERTO DE OLIVEIRA

Universidade Federal de Sergipe - Campus do Sertão/Departamento de Educação em Ciências Agrárias e da Terra do Sertão, fredericoalberto@academico.ufs.br

⁵ANGELISE DURIGON

Universidade Federal de Sergipe/Departamento de Tecnologia de Alimentos, angelise@academico.ufs.br



RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar a secagem de uma pasta de ora-pro-nobis por *Cast-Tape Drying* (CTD) e liofilização (FD) para obtenção de pó e caracterizá-lo quanto às propriedades físico-químicas. A formulação foi produzida com 2 g de amido pré-gelatinizado, 3 g de ácido cítrico e 50 g de água aquecidos a 65 °C (temperatura de gelatinização do amido) e adicionada de 45 g de ora-pro-nobis para obter uma pasta que pudesse ser espalhada uniformemente no processo CTD. Esta pasta (umidade de 9,2±0,3 g/g) foi desidratada por CTD, com vapor aquecido (98 °C) e espessura de espalhamento da pasta de 2 mm, durante 16 min. A pasta, também, foi liofilizada a 0,020 kPa, por 24 h. Ambas as amostras desidratadas foram moídas e caracterizadas. A umidade média do pó foi de 0,07 g/g e é dependente da composição da pasta, do tempo de secagem e das condições. A atividade de água do pó foi de 0,352 (CTD) e 0,378 (FD), indicando que os pós são estáveis, pois esses valores são inferiores a 0,6. O pó exibiu uma cor verde típica característica da matéria-prima, com valores de b^* de 26,82±0,44 (FD), significativamente maior que o b^* de 24,36±1,37 (CTD). Enquanto isso, os componentes de cor L^* »17 e a^* » 3,4 indicaram igual luminosidade e tonalidade vermelha para o pó. O pó de ora-pro-nobis apresentou altos níveis de proteína (25%) e seu pó pode servir como ingrediente em várias formulações alimentares devido ao seu alto teor proteico. A formulação da pasta de ora-pro-nobis contendo amido pré-gelatinizado e ácido cítrico permite uma distribuição uniforme no suporte do CTD, e a secagem ocorre em tempos curtos a altas taxas de secagem em comparação com a FD. Além disso, apresenta características físico-químicas muito semelhantes, indicando que o processo CTD é uma alternativa viável para obter ora-pro-nobis em pó.

Palavras-chave: secagem. pó. proteína.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the drying of an ora-pro-nobis paste by *Cast-Tape Drying* (CTD) and freeze-drying (FD) to obtain powder and characterize it in terms of its physicochemical properties. The formulation was produced with 2 g of pre-gelatinized starch, 3 g of citric acid, and 50 g of water heated to 65 °C (the gelatinization temperature of the starch) and added with 45 g of ora-pro-nobis to obtain a paste that could be evenly spread in the CTD process. This paste (moisture content of 9.2±0.3 g/g) was dehydrated by CTD, with heated steam (98°C) and a spreading thickness of 2 mm, for 16 min. The paste was also freeze-dried at 0.020 kPa for 24 h. Both dehydrated samples were milled and characterized. The average moisture content of the powder was 0.07 g/g and is dependent on the composition of the paste, drying time, and conditions. The water activity of the powder was 0.352 (CTD) and

0.378 (FD), indicating that the powders are stable since these values are below 0.6. The powder exhibited a typical green color characteristic of the raw material, with b values of 26.82±0.44 (FD), significantly higher than the b of 24.36±1.37 (CTD). Meanwhile, the L^* »17 and a^* » 3.4 color components indicated equal brightness and red hue for the powder. The ora-pro-nobis powder showed high protein levels (25%) and can serve as an ingredient in various food formulations due to its high protein content. The formulation of the ora-pro-nobis paste containing pre-gelatinized starch and citric acid allows for uniform distribution on the CTD support, and drying occurs in short times at high drying rates compared to FD. Additionally, it exhibits very similar physicochemical characteristics, indicating that the CTD process is a viable alternative for obtaining ora-pro-nobis powder.

Keywords: drying. powder. protein

INTRODUÇÃO

Produtos de origem vegetal tem sido bastante procurados por pessoas que buscam reduzir e/ou eliminar produtos de origem animal aumentando o seu uso, principalmente em suas dietas vegetarianas, veganas, *vegas* e *plant-based*. Com isso, a procura por proteína vegetal aumentou, além das fibras, minerais, vitaminas e compostos bioativos.

O Brasil possui uma grande diversidade de plantas e muitas delas já fazem parte da cultura alimentar da nossa população (DOS SANTOS; MENEGASSI, 2021) e a ora-pro-nóbis é um exemplo. Minas Gerais é o estado em que as pessoas mais a consomem, e é possível de encontrar a planta em quintais e hortas, crescendo geralmente de maneira espontânea (KINUPP; LORENZI, 2014). No entanto, no Brasil, a ora-pro-nóbis é encontrada da Bahia ao Rio Grande do Sul (BRASIL, 2010). Seu habitat natural são as florestas tropicais e seu cultivo é encontrado em espaços domésticos no meio rural e urbano.

A ora-pro-nóbis é raramente cultivada comercialmente e é considerada uma planta alimentícia não convencional (PANC) (KINUPP; LORENZI, 2014) podendo ser utilizada como uma hortaliça, na forma refogada, em saladas, tortas, massas, bolos e pães, e em pratos quentes misturada a demais ingredientes. A farinha é produzida com as folhas secas e trituradas e pode ser utilizada em substituição de parte da farinha de trigo branca no preparo de bolos e pães aumentando seu valor nutritivo, principalmente pelo incremento de proteínas e fibras a esses alimentos (ROCHA et. al., 2008).

A presença da proteína e a mucilagem têm despertado interesse da indústria alimentícia, em que a mucilagem pode servir como um aditivo para conferir consistência em alimentos processados, além de ser uma planta rica em ferro. Os teores de proteína variam e podem chegar em torno de 22,9-28,9 g/100 g em matéria seca (ROCHA et al., 2008; TAKEITI et al., 2009; ALMEIDA et al., 2014). O conteúdo de ferro encontrado por Kinupp e Barros (2008) foi de 14 mg/100 g. A proteína do ora-pro-nóbis é de alto valor biológico devido a sua composição ser rica em aminoácidos essenciais (TAKEITI et al., 2009).

Processos de secagem como liofilização, e o *cast-tape drying* podem ser usados para a sua desidratação, seguida da etapa de moagem para a obtenção do pó (farinha). Produtos desidratados mantêm o conteúdo proteico e mineral dos vegetais *in natura*, o que é do nosso interesse, minimizam custos com transporte e distribuição, e facilita seu manuseio (CUQ; RONDET; ABECASSIS, 2011). No caso da farinha de ora-pro-nobis condições de secagem devem ser otimizadas para preservar os compostos bioativos e seu valor nutritivo. A farinha de ora-pro-nobis pode ser usada em sopas, sucos, purês reconstituídos, bolos, pães, biscoitos,

tortas, macarrão e sorvetes, e como ingredientes a serem aplicados em produtos “*plant based*”.

Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar a secagem de uma pasta de ora-pro-nóbis por *Cast-Tape Drying* e liofilização para obtenção de pó e caracterizá-lo quanto às propriedades físico-químicas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) é uma espécie folhosa da família das Cactaceae. É uma planta trepadeira semilenhosa com ramos podem chegar até 10 m de altura, de folha simples, simétrica, elíptica e de textura coriácea, com cerca de 7 cm de comprimento e 3 cm de largura (EDWARDS et al., 2005; DUARTE; HAYASHI, 2005). A folha da ora-pro-nóbis é tenra, levemente carnosa, com altas concentrações de proteínas e possui uma mucilagem, conferida pelo biopolímero arabinogalactana (MERCE et al., 2001).

O pó da ora-pro-nobis pode ser obtido por diversos métodos de secagem, a liofilização e o *cast-tape drying* são exemplos de métodos que podem ser empregados. A liofilização ocorre em baixas taxas de secagem o que torna o processo longo e de altos custos energéticos. Mas é um processo que opera em baixas temperaturas sendo recomendado para o processamento de produtos termossensíveis (LIAPIS; BRUTINI, 2006).

O *cast-tape drying* (CTD) tem sido usado para a secagem de frutas, legumes e ervas em diferentes formas como em pó, pedaço, fatias, flocos e filmes (ZOTARELLI et al., 2015; DURIGON et al., 2016; FRABETTI et al., 2018). Na secagem por CTD é possível manter a temperatura do alimento em torno de 70 a 75 °C, na maior parte do tempo de secagem, quando utilizado água aquecida na temperatura de 95 °C e pequenas espessuras da camada do alimento. Esse processo tem sido recomendado devido às temperaturas de secagem moderadas e aos tempos de secagem curtos (NINDO et al., 2003; OCHOA-MARTÍNEZ et al., 2012; ZOTARELLI et al., 2015; ORTIZ-JEREZ et al., 2015; DURIGON et al., 2018).

METODOLOGIA

Matéria-prima

As folhas de ora-pro-nóbis foram cultivadas na Universidade Federal de Sergipe (UFS) – Campus do Sertão e foram trazidas para o Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFS – Campus de São Cristóvão. As folhas foram higienizadas em solução de hipoclorito de sódio 200 ppm, por 2 minutos, trituradas em mixer (OSTER, FPSTHB2610R-017) por 5 minutos, até obter uma mistura homogênea, a qual foi filtrada em peneira 16 mesh, congelada para usar

como matéria-prima para a desidratação.

Elaboração da formulação para obtenção do pó

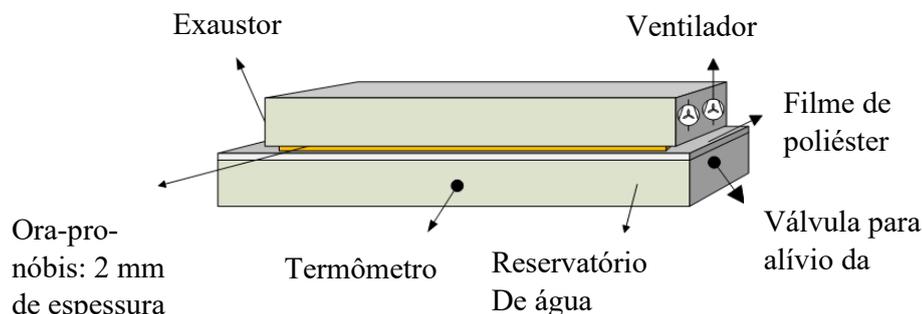
A ora-pro-nóbis contém uma mucilagem em sua composição, a qual dificulta o espalhamento da sua pasta sobre a superfície em secadores de contato direto como o *cast-tape drying*. A interação do produto a ser seco com o suporte deve ser avaliada previamente, pois alimentos com alta umidade podem molhar pouco o suporte, levando à fragmentação espontânea do filme de suspensão a ser secado (DURIGON et al., 2016), como aconteceu com a ora-pro-nóbis. Dessa forma, em testes preliminares, estudou-se diferentes concentrações de amido pré-gelatinizado e ácido cítrico, a fim de obter uma pasta com condições de realizar o espalhamento sobre a superfície do equipamento de *cast-tape drying*. O processo de liofilização foi realizado com a mesma formulação para fins de comparação.

Dessa forma, o preparo da formulação foi realizado adicionando 2 g de amido pré-gelatinizado e 3 g de ácido cítrico em 50 g de água. Em seguida, essa mistura (água, amido pré-gelatinizado e ácido cítrico) foi aquecida em banho-maria até 65 °C, temperatura de gelatinização do amido. Após isso, resfriou-se até 35 °C, e adicionou-se 45 g de ora-pro-nóbis previamente triturada e congelada para obtenção de uma pasta.

Cast-tape Drying

O dispositivo experimental utilizado no processo de secagem consiste num reservatório (0,4 m x 0,2 m x 0,08 m) de água quente aquecida com uso de resistores elétricos com potência de 2000 W (AGRATTO, FM 01) (Figura 1). Na parte superior do reservatório foi fixado um filme de poliéster (*Mylar*[®] tipo D, DuPont) com 0,25 mm de espessura e a face inferior do filme encontra-se em contato com o vapor d'água aquecida (temperatura da água de 98 °C), enquanto a sua face superior serve de suporte para a colocação da pasta de ora-pro-nóbis, amido e ácido cítrico.

Figura 01 - Esquema do aparato experimental *cast-tape drying*.



Fonte: Própria (2024).

Uma cabine com um sistema de exaustão/ventilação (CHIPSCE, 075-1212), com velocidade de 1500 rpm, foi acoplada acima do reservatório e conta com um ventilador em uma das extremidades e um exaustor na outra extremidade. A exaustão e/ou ventilação são utilizadas para promover a convecção forçada acima da pasta. A temperatura do suporte foi medida com auxílio de um termômetro de infravermelho (AKSO, AK30 new).

A pasta foi espalhada como 2 mm de espessura utilizando um espalhador manual (*doctor blade*), o qual contém um gap que permite o escoamento da pasta de modo uniforme. A evolução temporal da temperatura da pasta e da superfície do suporte foi medida usando termômetro de infravermelho (AKSO, AK30 new) e foram registradas. A temperatura e umidade do ar dentro da cabine foi medida com termo-higrômetro (Incoterm). A pasta após a secagem foi recolhida no formato de flocos e foi submetida a moagem em moedor de facas (Cadense) para a obtenção de pó.

Liofilização

A pasta foi depositada em bandejas (2 mm de espessura) e inicialmente congeladas em congelador convencional a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 h. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em liofilizador (Liotop) a 0,020 kPa por um tempo que foi determinado de aproximadamente 24 horas. A pasta desidratada foi moída em moedor de café (Cadense) para a obtenção do pó. A massa de amostra foi monitorada em determinado intervalo de tempo durante o processo de liofilização para a determinação da variação da umidade (dX) com o tempo (dt) (dX/dt) para a construção da cinética de secagem.

Caracterização da folha e do pó

Umidade e atividade de água

A pasta e o pó foram caracterizados quanto a umidade sendo determinada usando balança determinadora de umidade (SHIMADZU, MOC63u), usando 105 °C até massa constante, em triplicata.

A atividade de água (aw) foi medida pelo método de ponto de orvalho usando AquaLab (AquaLab, Decagon Devices), em triplicata.

Proteína

A proteína do pó de ora-pro-nóbis foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Silva (2002), em triplicata, pelo método de Kjeldahl. As amostras foram submetidas a etapa de digestão usando ácido sulfúrico (H₂SO₄) para transformar o nitrogênio em nitrogênio amoniacal (sulfato de amônio). Após isso, as amostras foram destiladas com hidróxido de sódio 40% e ácido bórico 4%, e então tituladas com ácido clorídrico (0,1 N). Por titulação determinou-se a quantidade de nitrogênio que lhe deu origem. Assim a quantidade total de ácido sulfúrico (H₂SO₄ - 0,1N), consumidos pela destilação, multiplicados por 0,014, dará a quantidade de nitrogênio presente na amostra. Este resultado multiplicado pelo fator de conversão, indicará a quantidade de proteína bruta da amostra determinada, de acordo com a equação 1.

$$Proteína\ bruta\ (\%) = \left(\frac{[(V' - V)F_c \times N \times 6,25 \times 0,014]}{P} \right) \times 100$$

em que, V' é o volume de ácido clorídrico (HCl – 0,1 N) gasto na titulação (mL), V é o volume de ácido clorídrico (HCl – 0,1 N) gasto no teste em branco (mL), F_c é o fator de correção do ácido clorídrico (HCl – 0,1 N), N é a normalidade, P é o peso da amostra (g), 6,25 é o fator de conversão do nitrogênio em proteína e 0,014 é a miliequivalente-grama do nitrogênio.

Cor

A cor do pó foi determinada em colorímetro Color Reader e determinadas em escala CIELAB os valores de luminosidade (L*, faixa entre o preto e branco, 0-100) e cromaticidade (a*, grau de verde à vermelho, -60 para +60; e b*, grau de azul à amarelo, -60 para +60).

Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Tonon

et al. (2008) com modificações. Colocou-se 0,5 g de cada amostra do pó em um recipiente hermético que foi mantido a 25 °C a umidade relativa de 70%. Após uma semana, a massa das amostras foi medida e a higroscopicidade foi expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100 g).

Tempo de dispersão

O tempo de dispersão foi determinado de acordo com Dacanal (2005) e consistiu de um recipiente contendo 80 mL de água destilada, com uma lâmina deslizante na qual a amostra de pó foi colocada. Ao promover o rápido deslocamento da lâmina causou a queda da amostra de pó na água destilada (27 °C) e monitorou-se o tempo para imersão completa da camada de partículas.

Análise estatística

Os dados experimentais foram avaliados utilizando a análise de variância (ANOVA). A comparação múltipla das médias foi analisada pelo uso do teste de Tukey a 10% de probabilidade de erro ($p < 0,10$). O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados usando o programa estatístico Statistica 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

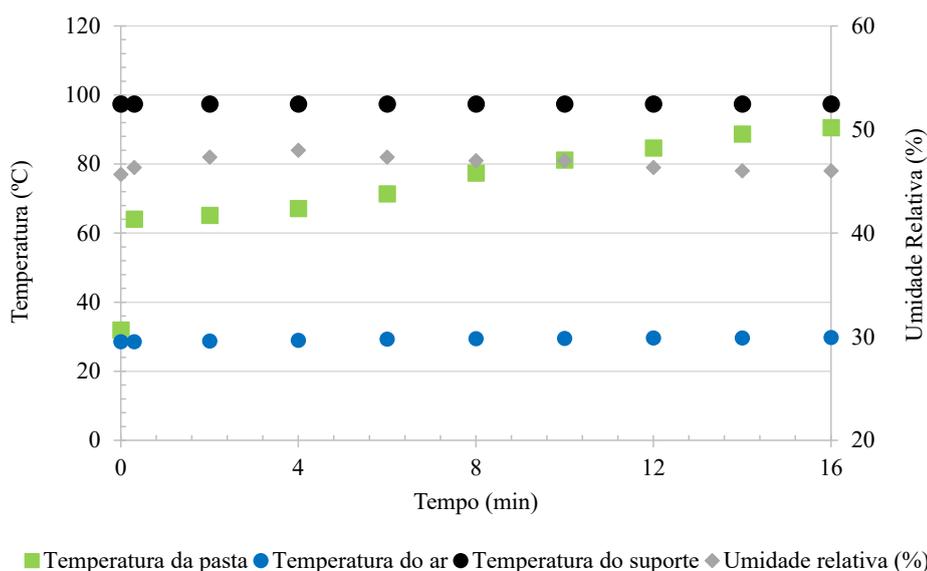
***Cast-tape drying* da pasta de ora-pro-nobis**

A pasta de ora-pro-nobis, amido e ácido cítrico apresentou umidade inicial de $9,151 \pm 0,239$ g/g ($90,145 \pm 0,002\%$) e foi seca por 16 minutos até atingir umidade final de $0,076 \pm 0,014$ g/g ($0,071 \pm 0,012\%$). A temperatura do suporte permaneceu constante e igual a 97,4 °C, a temperatura do ar dentro da cabine de exaustão foi de $29,14 \pm 0,46$ °C e a umidade relativa foi de $46,78 \pm 0,74$ °C (Figura 02).

A temperatura da pasta se eleva rapidamente, no início do processo atingindo a temperatura média de 64 °C, aos 30 segundos, e permanece próximo a essa temperatura (64,07-67,13 °C) até o 4º minuto de secagem. A temperatura permanece constante, pois todo o calor fornecido para a pasta é usado para a evaporação da água que se encontra livre na superfície do alimento, esse comportamento é típico do período de secagem à taxa constante (GEANKOPLIS, 1993) e se deve à alta umidade inicial da pasta (0,9 g g⁻¹ b. u.) e à fina espessura da camada espalhada (2 mm). No período de secagem à taxa constante, a pressão de vapor de água na superfície do alimento encontra-se próxima da pressão de saturação e a

resistência à transferência de massa interna é desprezível (fina espessura da pasta) durante o processo de secagem (DURIGON et al., 2016). Assim, a desidratação da pasta ocorre pela evaporação da água e é controlada pela transferência de calor proveniente da água aquecida.

Figura 02 - Perfil de temperatura da pasta, temperatura do suporte, da temperatura e da umidade relativa do ar durante a secagem por *cast-tape drying*



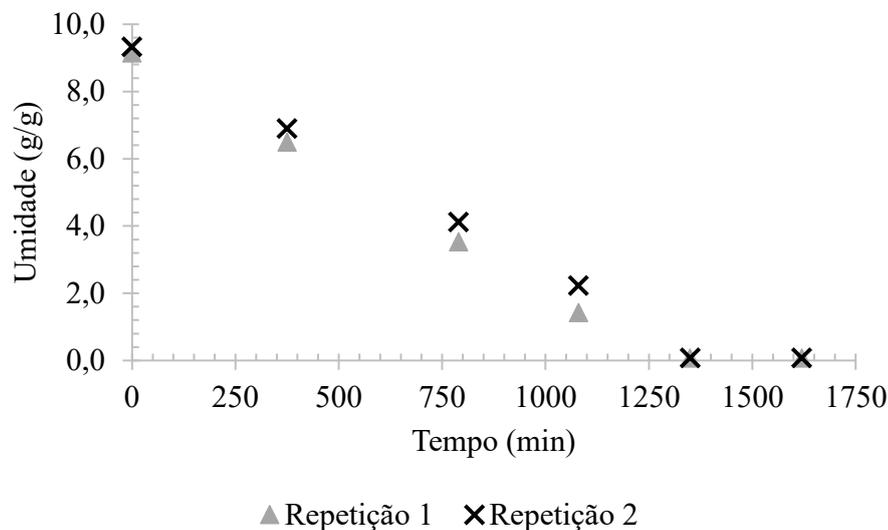
Fonte: Própria (2019).

Após esse tempo, a temperatura começa se elevar gradativamente atingindo temperaturas de 90,5 °C no tempo final de secagem aos 16 minutos. Isso se deve, pois, a taxa de transferência de calor não é compensada pela taxa de transferência de massa, pois há uma resistência interna a transferência de massa e dessa forma o alimento começa a se aquecer. Nesse período, característico de taxa de secagem decrescente, o calor é usado promover a difusão dos vapores de água dentro da pasta e a saída da água dos capilares (GEANKOPLIS, 1993).

Secagem da pasta de ora-pro-nóbis por liofilização

O tempo de secagem da pasta de ora-pro-nóbis, com coadjuvantes, de umidade inicial de $9,24 \pm 0,13$ g/g b. s. (90,1% b. u.) na liofilização foi de 1620 minutos para atingir umidade final de $0,07$ g/g b. s. (7,2% b. u.) (Figura 03). A secagem ocorreu a taxa constante, média de $0,007 \pm 0,001$ g/g.min, até 1080 minutos (umidade crítica de $1,82 \pm 0,57$ g/g), após esse tempo, a secagem ocorreu a taxa decrescente.

Figura 03 - Cinética de secagem, em duplicata, da pasta de ora-pro-nóbis durante a secagem por liofilização.



Fonte: Própria (2019).

Fernandes et al. (2018) reportou 24 h (1440 minutos) para obter farinha de ora-pro-nóbis em um liofilizador de bancada com umidade final de 6,1%. Monteiro et al. (2020) reportou tempo de liofilização da folha de ora-pro-nóbis (umidade inicial 6,2 g/g) de 16,2 h (980 minutos) para obter pó com umidade final de 0,011 (g/g) e taxa de secagem constante até 7 h e foi de 0,7 g/g.h (0,011 g/g.min). Taxa de secagem mais elevada que o presente estudo.

Caracterização dos pós de ora-pro-nobis

Na Tabela 01 estão apresentados a umidade, a atividade de água e a proteína do pó de ora-pro-nóbis. Os valores de atividade de água, umidade e proteína não diferiram significativamente entre si. A umidade do pó foi em média de 0,07 g/g (6,8% b. u.) e são dependentes da composição da pasta, do tempo e condições de secagem. De acordo com a RDC nº 272 da ANVISA, de 22 de setembro de 2005, produtos de vegetais secos ou desidratados devem possuir umidade inferior a 12%, os pós obtidos atendem aos requisitos necessários.

A remoção da água reduz, conseqüentemente, a atividade de água e nos valores observados os pós são considerados estáveis, pois são inferiores a 0,6 (RAHMAN, 2008). Em valores de atividade de água entre 0,3 e 0,5 a velocidade das reações de degradação por microrganismos, das reações de oxidação, das reações de escurecimento não enzimático são as menores possíveis (RAHMAN, 2008). Isso indica que o tempo de secagem em todos os processos foi suficiente para promover pós com baixa umidade e atividade de água.

Tabela 01 - Atividade de água, umidade e proteína do pó de ora-pro-nóbis obtido por diferentes métodos de

secagem.

Amostra	Umidade (g/g)	Atividade de água	Proteína (%)
	Média± DP	Média± DP	Média± DP
	CV (%)	CV (%)	CV (%)
CTD	0,076±0,014 ^a 18,344	0,352±0,001 ^a 0,284	25,69±0,50 ^a 1,960
FD	0,072±0,006 ^a 8,536	0,378±0,001 ^a 0,305	24,29±1,14 ^a 4,710

Médias seguidas das mesmas letras sobrescritas na coluna indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,10$). CTD – *cast-tape* drying; FD – liofilização; DP – Desvio padrão da média; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Própria (2019).

Marinelli (2016) secou folhas de ora-pro-nóbis em estufa de circulação de ar aquecido a 60 °C durante 24 horas e reportou valores de umidade de 5,9%. Vitor (2022) estudou a secagem de folhas de ora-pro-nóbis, branqueadas previamente (98 °C por 1 min e em solução de 3% de bicarbonato de sódio), por micro-ondas a vácuo e reportou umidade de 0,063-0,066 g/g (5,9-6,2%) e atividade de água de 0,373-0,482. Fernandes et al. (2018) reportou umidade de 5,9% para o pó de ora-pro-nóbis obtido por estufa (40 °C por 5 dias) e 6,1% para o pó liofilizado. Monteiro et al. (2020) reportou umidade dos pós de ora-pro-nóbis desidratada de 0,035 g/g 0,032 g/g e atividade de água de 0,240 e 0,206 para o pó obtido por estufa de circulação de ar e por liofilização, respectivamente. Valores semelhantes aos observados no presente estudo.

Os valores de proteína dos pós de ora-pro-nóbis não variaram significativamente entre os processos de secagem, e esse comportamento já era esperado. No entanto, determinar a quantidade de proteína é de extrema importância, pois varia com a origem botânica, as condições de cultivo da planta, composição do solo (teor de nitrogênio e estresse salino) e a idade fisiológica da planta na colheita (SARTORI E GUARDIEIRO, 2010; PARENT et al., 2013, JESUS et al, 2020; CARVALHO et al., 2019). A ora-pro-nóbis apresenta altos teores de proteínas, na matéria seca foi de 17,40% (ALMEIDA et al., 2014), 24,73% (ROCHA et al., 2008) e 28,59% (TAKEITI et al., 2009), característica dessa planta que é denominada "carne de pobre" (ROCHA et al., 2008).

Na Tabela 02 estão apresentados os valores de higroscopicidade e do tempo de dispersão dos pós de ora-pro-nóbis. Os pós de ora-pro-nóbis apresentaram valores significativamente iguais de higroscopicidade e foram inferiores a 14,8%. Isso indica que o pó é pouco suscetível à absorção de umidade. Baixa higroscopicidade garante estabilidade química e microbiológica durante o armazenamento (TONTUL et al., 2018).

Tabela 02 - Higroscopicidade e tempo de dispersão do pó de ora-pro-nobis obtido por diferentes métodos de secagem.

Amostra	Higroscopicidade (%)	Tempo de dispersão (s)
	Média± DP CV (%)	Média± DP CV (%)
CTD	14,754±0,352 ^a 2,384	187,0±1,4 ^a 0,75
FD	14,617±0,394 ^a 2,698	36,5±6,36 ^b 17,42

Médias seguidas das mesmas letras sobrescritas na coluna indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,10$). CTD – *cast-tape drying*; FD – liofilização; DP – Desvio padrão da média; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Própria (2019).

Os valores de tempo de dispersão dos pós obtidos por diferentes processos de secagem diferiram estatisticamente entre si. O tempo de dispersão do pó liofilizado foi significativamente inferior, seguido do pó obtido por CTD. Tempos de dispersão reduzidos indicam que esses pós exibem propriedades favoráveis de molhabilidade. Os tempos de dispersão em água são influenciados pela composição, morfologia, dimensão e geometria das partículas, bem como pela porosidade (HOGEKAMP; SCHUBERT, 2003; DACANAL; MENEGALLI, 2010; FORNY; MARABI; PALZER, 2011) e no caso da ora-pro-nóbis a formação de uma camada viscosa é devido as fibras do tipo mucilagem presentes nas folhas (MONTEIRO et al., 2020). Monteiro et al. (2020) reportou tempo de dispersão para os pós de ora-pro-nóbis liofilizados maior que 1800 s e para o pó obtido por estufa de 64,4 s. O pó FD apresentou tempo significativamente inferior no presente estudo se comparado com Monteiro et al (2020) provavelmente isso se deve ao tamanho da partícula e pela presença de amido pré-gelatinizado.

Os parâmetros de cor dos pós de ora-pro-nóbis obtidos pelos diferentes métodos de secagem estão expressos na Tabela 03 e imagens fotográficas dos pós estão apresentados na Figura 04. Os valores de luminosidade (L^*) dos pós não apresentaram diferenças significativas, indicando que as amostras são igualmente escuras. Os valores da coordenada a^* para o pó FD e CTD são positivos indicando tonalidade mais próxima ao vermelho, embora visualmente (Figura 04) a coloração tende ao verde. Os valores de b^* são positivos e próximos de 24,3 e 26,8.

A cromaticidade (C^*) exibiu maiores valores entre 24,6 e 27,0. O pó obtido por CTD apresentou o menor valor de cromaticidade indicando ser levemente menos saturado de cor. O

ângulo hue (h°) representa a cor das amostras, cujo ângulo se inicia no zero, no círculo de cores, representando a coloração vermelha, passando pela coloração alaranjada, até atingir a coloração amarela característica no ângulo 90° , a partir do ângulo 90° a tonalidade começa a ficar esverdeada ângulo de 180° que corresponde ao verde. Ao observar os valores obtidos (Tabela 03) observou-se que todas as amostras apresentaram ângulos menores que 90° , próximo ao tom amarelado, sendo mais pronunciado na amostra de pó obtida por FD.

Fernandes et al. (2018) reportou valores de L^* de $44,3 \pm 25,64$, a^* de $-10,14 \pm 1,03$ e b^* de $48,31 \pm 25,64$ para o pó de ora-pro-nóbis liofilizado e L^* de $11,23 \pm 1,36$, a^* de $0,28 \pm 0,27$ e b^* de $18,94 \pm 2,34$. Monteiro et al. (2020) reportou valores de L^* de $44,19 \pm 0,35$, a^* de $-3,56 \pm 0,26$ e b^* de $20,45 \pm 0,29$ para o pó obtido por estufa e de L^* de $62,59 \pm 0,36$, a^* de $-14,71 \pm 0,12$ e b^* de $31,36 \pm 0,17$ para o pó liofilizado. Os valores apresentam-se bastante distintos dos reportados pela literatura indicando que pode ter havido escurecimento enzimático no momento do batimento da folha para a obtenção das pastas, dessa forma indica-se realizar o branqueamento das folhas previamente. Além de degradação dos pigmentos termosensíveis, em especial na secagem da ora-pro-nóbis obtida por CTD, uma vez que a temperatura da pasta atinge temperaturas elevadas no final do processo (Figura 02), para isso sugere-se reduzir a temperatura da água que aquece o suporte de poliéster. Vitor (2022) estudou a secagem de folhas de ora-pro-nóbis, branqueadas previamente (98°C por 1 min e em solução de 3% de bicarbonato de sódio), por micro-ondas a vácuo e reportou que as amostras branqueadas ($L^*=48,84$, $a^*=-9,71$ e $b^*=39,73$) apresentaram maior tonalidade de verde e de amarelo se comparada com amostras não branqueadas ($L^*=52,86$, $a^*=-2,78$ e $b^*=39,16$).

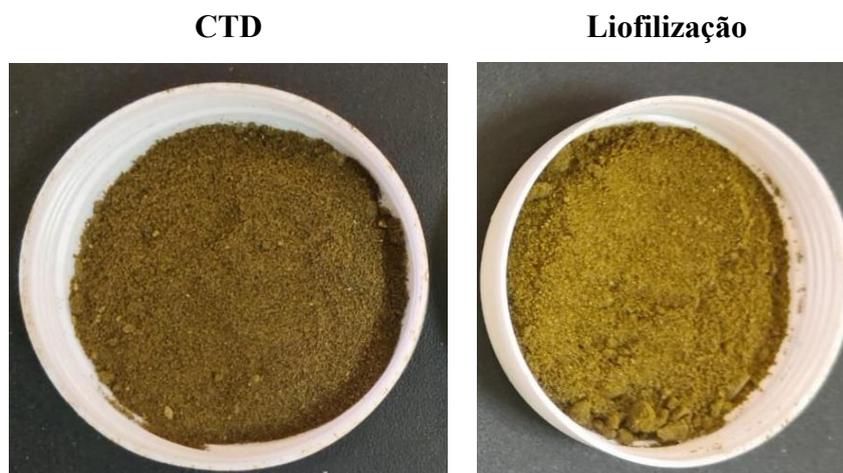
Tabela 03 - Parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , h° e C^*) do pó de ora-pro-nobis obtido por diferentes métodos de secagem.

Amostra	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
	Média± DP CV (%)				
CTD	$16,60 \pm 1,61^a$	$3,50 \pm 0,37^a$	$24,36 \pm 1,37^b$	$81,88 \pm 0,58^b$	$24,6 \pm 1,39^b$
	9,70	10,5	5,64	0,70	5,64
FD	$17,42 \pm 0,72^a$	$3,36 \pm 0,31^a$	$26,82 \pm 0,44^a$	$82,90 \pm 0,66^a$	$27,02 \pm 0,44^a$
	4,15	9,31	1,65	0,80	1,64

Médias seguidas das mesmas letras sobrescritas na coluna indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,10$). CTD – *cast-tape drying*; FD – liofilização; DP – Desvio padrão da média; CV – coeficiente de variação.

Fonte: Própria (2019).

Figura 04 - Imagens fotográficas dos pós de ora-pro-nóbis obtidos por diferentes métodos de secagem.



Fonte: Própria (2019).

CONCLUSÃO

A formulação da pasta de ora-pro-nóbis contendo amido pré-gelatinizado e ácido cítrico permite o espalhamento no suporte de *cast-tape drying* de forma homogênea e a secagem ocorre em tempos curtos e altas taxas de secagem, se comparado a liofilização. Os pós de ora-pro-nóbis apresentam teores de umidade de acordo com a legislação brasileira e a atividade de água é suficientemente baixa para dificultar o crescimento microbológico. A ora-pro-nóbis cultivada no Alto Sertão Sergipano apresenta altos teores de proteína. Os pós apresentam baixa higroscopicidade o que é interessante, pois apresentam pequena tendência em absorver água. O pó liofilizado apresenta baixo tempo de dispersão sendo de fácil reidratação em água. O processo de secagem afeta a cor dos pós, e embora visualmente apresente coloração verde, os parâmetros L^* , a^* e b^* indicam que o pó se encontra escurecido, e com coloração amarelada. Quanto aos métodos de secagem, todos demonstram ser opções viáveis para a desidratação da ora-pro-nóbis, no entanto sugere-se reduzir a temperatura da água do processo por CTD e acrescentar a etapa de branqueamento no preparo da pasta a ser desidratada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. F. de; JUNQUEIRA, A. M. B.; SIMÃO, A. A.; CORRÊA, A. D. D. Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nóbis. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 431-439, 22 p, 2014.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de hortaliças não convencionais. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2010.

92p.

CARVALHO, C. M.; DA LUZ, I. S.; DOS SANTOS, D. B.; DE OLIVEIRA, D.; AZEVEDO, R. R. G. F.; JÚNIOR, M. V. Cultivo adensado de ora-pro-nóbis irrigado no território do sisal baiano. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 6, p. 3765-3772, 2019.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J. Food powders engineering, between knowhow and science: constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**, v. 208, p. 244- 251, 2011.

DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. **Powder Technology**, v. 188, n. 3, p. 187-194, 2009.

DURIGON, A.; de SOUZA, P. G.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Cast-tape drying of tomato juice for the production of powdered tomato. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 145-155, 2016.

DURIGON, A.; PARISOTTO, E. I. B.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Heat transfer and drying kinetics of tomato pulp processes by cast-tape drying, **Drying Technology**, v. 3937, p. 1-9, 2018.

DOS SANTOS, V. L. C.; MENEGASSI, B. Adição de farinha de ora-pro-nóbis em pães: possibilidades de incremento proteico e de fibras na rotina alimentar brasileira. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 6., p. 26031-26048, 2021.

DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e ramo de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, n. 15, v. 2, p. 103- 109, 2005.

EDWARDS, E. J.; NYFELER, R.; DONOGHUE, M. J. Basal cactus phylogeny: implications of *Pereskia (Cactaceae) paraphyly* for the transition to the cactus life form. **American Journal of Botany**, v. 7, n. 92, p. 1177-1788, 2005.

FRABETTI, A. C. C.; DURIGON, A.; LAURINDO, J. B. Effect of process variables on the drying of guava pulp by cast-tape drying. **LWT**, v. 96, p. 620-626, 2018.

FERNANDES, A. A.; RODRIGUES, E.; LISOT, L.; ZANETTI, S. Caracterização físico-química e funcional da farinha de ora-pro-nóbis obtida por diferentes processos de desidratação. Projeto Integrador do Curso Técnico em Agroindústria Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Campus São Miguel do Oeste, 2018.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water-soluble powders. **Powder Technology**, v. 206, p. 72-78, 2011.

GEANKOPLIS, C. J. **Transport Processes and Unit Operations**. Prentice-Hall International, Inc. 3. th. E.U.A, 1993.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768 p.

LIAPIS, A. I.; BRUTTINI, R. **Freeze Drying**. In: A. S. Mujumdar, Handbook of Industrial Drying. CRC Press, 2006.

MARINELLI, P. S. Farinhas de moringa (*Moringa Oleifera* Lam.) e ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.): biomateriais funcionais. **Tese de doutorado** em Ciência e Tecnologia de Materiais ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2016.

MERCE, A. L. R.; LANDALUZE, J. F.; MANGRICH, A. S.; SZPOGANICZ, B.; SIERAKOWSKI, M. R. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and Co^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , and Ni^{2+} . **Bioresource Technology**, v. 1, n. 76, p. 29-37, 2001.

MONTEIRO, R. L.; GARCIA, A. H.; TRIBUZI, G.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Microwave vacuum drying of *Pereskia aculeata* Miller leaves: Powder production and characterization. **Journal of Food Process Engineering**, v. e 1 3612, p. 1-12, 2020.

NINDO, C. I.; FENG, H.; SHEN, G. Q.; KANG, D. H. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. **Journal of Food Processing Preservation**, v. 27, p. 117-136, 2003.

OCHOA-MARTÍNEZ, C. I.; QUINTERO, A. A.; AYALA, M. J.; ORTIZ-JEREZ, M. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 69-75, 2012.

ORTIZ-JEREZ, M. J.; OCHOA-MARTÍNEZ, C. I. Heat transfer mechanisms in conductive hydro-drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*) pieces. **Drying Technology: An International Journal**, v. 33, n. 8, p. 965-972, 2015.

PARENT, S. E.; PARENTE, L. E.; EGOZCUE, J. J. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in PlantScience**, v.4, p. 1-10, 2013.

RAHMAN, S. **Food Properties Handbook**. CRC Press, 2008.

ROCHA, D. R. C.; PEREIRA JÚNIOR, G. A.; VIEIRA, G.; PANTOJA, L.; SANTOS, A. S.; PINTO, N. A. V. D. Macarrão adicionado de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 459-465, 2008.

SARTORI, R.; GUARDIEIRO M. M. Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 422-432, 2010.

SILVA, D. J. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. p. 65-75. Viçosa: UFV, 2002.

TAKEITI, C. Y.; ANTONIO, G. C.; MOTTA, E. M.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; PARK,

K. J. Nutritive evaluation of non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, London, v. 60, Suplemento 1, p. 148-160, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 3, p. 411-418, 2008.

TONTUL, O.; KASIMOGLU, Z.; ASIK, S.; ATBAKAN, T.; TOPUZ, A. Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1253-1259, 2018.

VITOR, I. F. Influência do pré-tratamento na cor de folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) em pó desidratadas por micro-ondas a vácuo. **Trabalho de Conclusão do Curso** de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. 2022.

ZOTARELLI, M. F.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window. **Food Research International**, v. 69, p. 410-417, 2015.

Submetido em: 14/12/2024

Aceito em: 21/01/2025

Publicado em: 28/07/2025

Avaliado pelo sistema *double blind review*