



ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DA PIMENTA ROSA POR *CAST-TAPE DRYING*

L. S. OLIVEIRA¹, R. C. PICH¹, R. C. SANTANA¹ e M. F. ZOTARELLI¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química, Graduação em Engenharia de Alimentos

E-mail para contato: raquelcp@unipam.edu.br; lorrane.oliveira@ufu.br; ricardocs@ufu.br; martazotarelli@ufu.br

RESUMO – A pimenta rosa é comumente utilizada como condimento *gourmet*. Além disso, tem propriedades antimicrobiana e antioxidante. Para um melhor aproveitamento desta matéria-prima é importante a aplicação de um método de preservação. Neste sentido, o *cast-tape drying*, utilizado na secagem de alimentos pastosos, é um método alternativo, relativamente recente e, por isso, ainda pouco investigado, apresentando potencial de produzir alimentos desidratados de alta qualidade. Este trabalho objetivou obter a cinética de secagem da pimenta rosa por *cast-tape drying*, para diferentes temperaturas da água de aquecimento, espessura da pasta espalhada e umidade inicial (consistência) da amostra.

1. INTRODUÇÃO

A pimenta rosa é um fruto utilizado, principalmente, como condimento *gourmet*, apresentando sabor adocicado e leve ardência. Tem sido empregada também, nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos, pois apresenta propriedades medicinais, como atividade antioxidante e antimicrobiana (BERTOLDI, 2006).

Entretanto, a pimenta rosa ainda é subutilizada pela indústria, principalmente porque seus frutos são comercializados basicamente *in natura* ou em sua forma desidratada, a granel por métodos convencionais, sem uniformidade e controle adequado das condições do processo (ANDRADE, 2015). Neste sentido, a secagem da pimenta rosa por métodos não convencionais que busquem preservar suas características sensoriais, nutricionais e medicinais pode agregar valor a esta matéria-prima.

O *cast-tape drying* (CTD) é um método de secagem no qual o material a ser seco encontra-se na forma de uma pasta, sendo espalhado em um suporte plano polimérico que flutua sobre água aquecida. Tem sido usado para transformar frutas, legumes, ervas e outros produtos relacionados, em pós e concentrados de valor agregado, se mostrando atraente para aplicações na indústria de alimentos, pois os produtos secos são de alta qualidade, com preservação de compostos ativos aromáticos e pigmentos responsáveis pelas características sensoriais e nutricionais dos produtos (RAGHAVI et al., 2018).

Diante do que foi exposto e considerando a falta de informações na literatura a respeito da secagem de pimenta rosa por *cast-tape drying*, o objetivo deste trabalho foi estudar a cinética de secagem da pimenta rosa por pelo método de *cast-tape drying*.

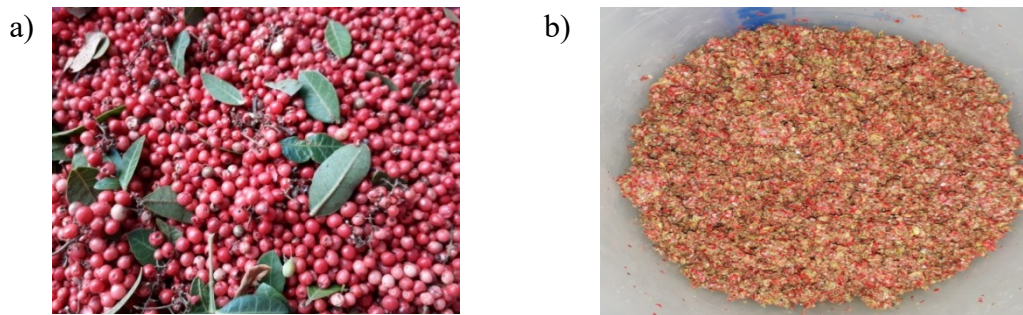
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparação das Amostras

Os frutos de pimenta rosa foram coletados de árvores nativas, no município de Patos de Minas – MG. Após a colheita, os frutos foram lavados (para retirada de sujidades), secos com o auxílio de papel toalha, e em seguida, colocados em embalagens poliméricas. Então, as amostras foram levadas a ultra-freezer (Indrel, modelo IULT335D, Brasil) a -60°C , permanecendo armazenados até a realização da secagem, sendo que, antes da desidratação, eram descongeladas durante 24 h, em geladeira na temperatura entre 6 e 10°C .

Para a obtenção de uma pasta com a consistência adequada para facilitar a aplicação e espalhamento uniforme sobre o suporte polimérico do secador, os frutos, após descongelamento, foram submetidos a uma operação de redução de tamanho, sendo triturados em multiprocessador. Na Figura 1 são mostradas fotografias dos frutos após a colheita e após sofrer redução de granulometria.

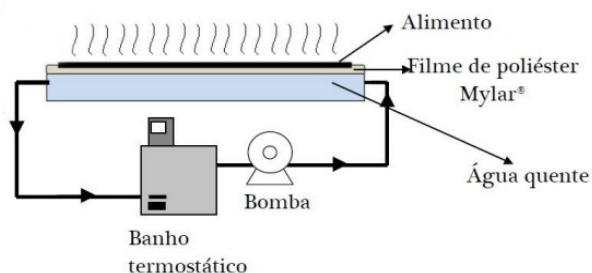
Figura 1 - Fotografias das amostras de pimenta rosa: a) após a colheita, b) triturada.



2.2 Secagem por *Cast-Tape Drying*

Para a realização dos experimentos de secagem, o aparato experimental utilizado foi composto de um reservatório (bandeja de $0,7\text{ m} \times 0,3\text{ m} \times 0,05\text{ m}$) com água quente circulante, proveniente de um banho termostático (SOLAB, modelo SL 152/18, Brasil). Para a circulação da água foi utilizada uma bomba peristáltica (Cole-Parmer, modelo Masterflex L/S 77250-62, USA). O filme polimérico (*mylar*®) (Dupont, USA) de $0,25\text{ mm}$ de espessura, foi fixado sobre o reservatório de forma que a face inferior ficasse em contato com a água quente circulante e a superior servisse de suporte para a pasta de pimenta rosa. Um esquema da unidade experimental de secagem utilizada é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema da unidade experimental (ZOTARELLI *et al.*, 2015 (adaptado)).





As condições experimentais avaliadas para o processo de secagem por *cast-tape drying* foram: espessura da camada da pasta de pimenta *in natura* espalhada sobre o filme do equipamento de 2 e 3 mm; temperatura da água do banho termostático 65, 75 e 95 °C; e, quantidade de água adicionada à amostra de 0 e 40 % de água, em relação à massa total de pimenta. Testou-se adição de água, visando obter uma pasta em condições mais satisfatórias de espalhamento que resultasse numa espessura uniforme da camada de pimenta. O espalhamento sobre o filme polimérico (*mylar*®) foi realizado com auxílio de bastão tecnil, e utilizando molduras de acrílico de dimensões internas de 30 cm de comprimento e 15 cm de largura, espessuras de 2 e 3 mm.

2.3 Determinação da Cinética de Secagem

A cinética de secagem foi realizada retirando amostras em triplicata, de posições distintas da camada de pimenta rosa na forma de pasta espalhada sobre o filme polimérico, durante intervalos de tempos pré-determinados. A umidade das amostras foi determinada segundo a metodologia A.O.A.C. (2005), sendo que o teor de umidade, em base seca, foi obtido conforme Equação 1, na qual X_t é o teor de umidade da amostra, em base seca, (adimensional); M_u é a massa da amostra úmida, em quilograma (kg); M_s é a massa da amostra seca em quilograma (kg).

$$X_t = \frac{M_u - M_s}{M_s} \quad (1)$$

Na Figura 3 têm-se imagens da pimenta rosa triturada espalhada sobre o secador para a obtenção da cinética de secagem.

Figura 3 - Fotografias da amostra de pimenta rosa triturada espalhada sobre o secador.

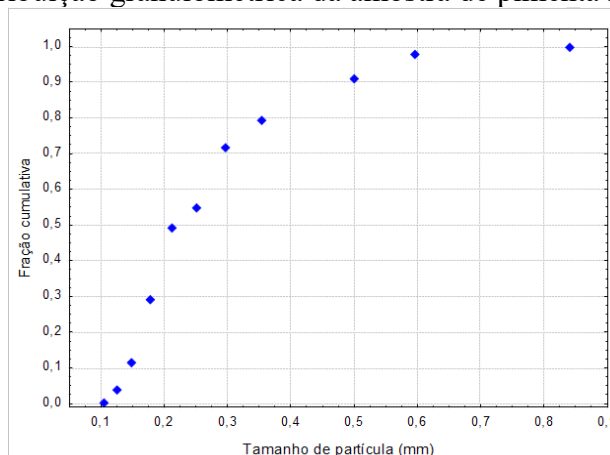


As taxas de secagem, no período de taxa constante, foram calculadas a partir da inclinação da equação da reta obtida na regressão linear realizada nos dados experimentais de umidade da pimenta em pasta em função do tempo de secagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise granulométrica da amostra seca foi determinada por peneiramento, utilizando um conjunto de peneiras padronizadas (série Tyler). Na Figura 4 é apresentada a distribuição de tamanho de partícula, mostrando que a redução de tamanho resultou uma amostra com granulometria heterogênea, em uma ampla faixa de tamanho.

Figura 4 – Distribuição granulométrica da amostra de pimenta rosa seca.



De acordo com a Equação 2, foi obtido o diâmetro médio de Sauter (D_{ps}) das partículas, obtendo um valor de 0,0290 mm. Nesta equação Δx_i é a fração em massa retida em cada faixa e D_i é o diâmetro médio em cada faixa da distribuição.

$$D_{ps} = 1 / \sum_i \frac{\Delta x_i}{\Delta D_i} \quad (2)$$

No que diz respeito ao espalhamento, a adição de 40 % (em peso) de água conduziu a uma pasta com consistência e escoabilidade operacionais mais satisfatórias durante o nivelamento da pasta na moldura de acrílico, proporcionando a obtenção de uma camada de pimenta com espessura mais uniforme. Neste sentido, adição de água nas amostras, embora leve a um material com maior teor de umidade a ser removida, é justificada pela melhora nas condições de espalhamento, o que permite um melhor controle do processo e pode resultar em um produto seco com características mais homogêneas. Em base seca, a amostra sem adição de água apresentava uma umidade de 0,522 g_{água}/g_{sólido seco} e a amostra com adição de 40 % (em peso) de água uma umidade de 1,538 g_{água}/g_{sólido seco}.

As curvas de secagem para a pasta dos frutos de pimenta rosa nas condições avaliadas estão apresentadas na Figura 5. Verificou-se que o aumento da temperatura da água circulante contribuiu de forma significativa para a redução do tempo de secagem, principalmente para a pasta de pimenta rosa sem adição de água com 2 mm de espessura, combinação mais favorável. Nesta condição, ao final do período de taxa de secagem constante, umidades menores que 0,12 g_{água}/g_{sólido seco} foram alcançadas com 240, 210 e 40 min, para as amostras secas a temperatura da água circulante de 65, 75 e 95 °C, respectivamente. Já para as amostras com adição de 40 % de água em peso e com espessura de espalhamento de 2 mm, ao final do período de taxa de secagem constante, umidades menores que 0,12 g_{água}/g_{sólido seco} foram alcançadas com 300, 300 e 90 min, para as amostras secas a temperatura da água circulante de 65, 75 e 95 °C, respectivamente. Estes resultados demonstram redução de mais de 80 % no tempo de secagem quando a temperatura é elevada de 75 para 95 °C nas amostras espalhadas com 2 mm de espessura sem adição de água e uma redução de mais de 70 % quando adicionou-se 40% de água. Estes resultados também podem ser verificados pelas taxas de secagem no período de taxa de secagem constante, conforme apresentado na Tabela 1.

Figura 5 - Curvas de secagem dos frutos de pimenta rosas moídos.

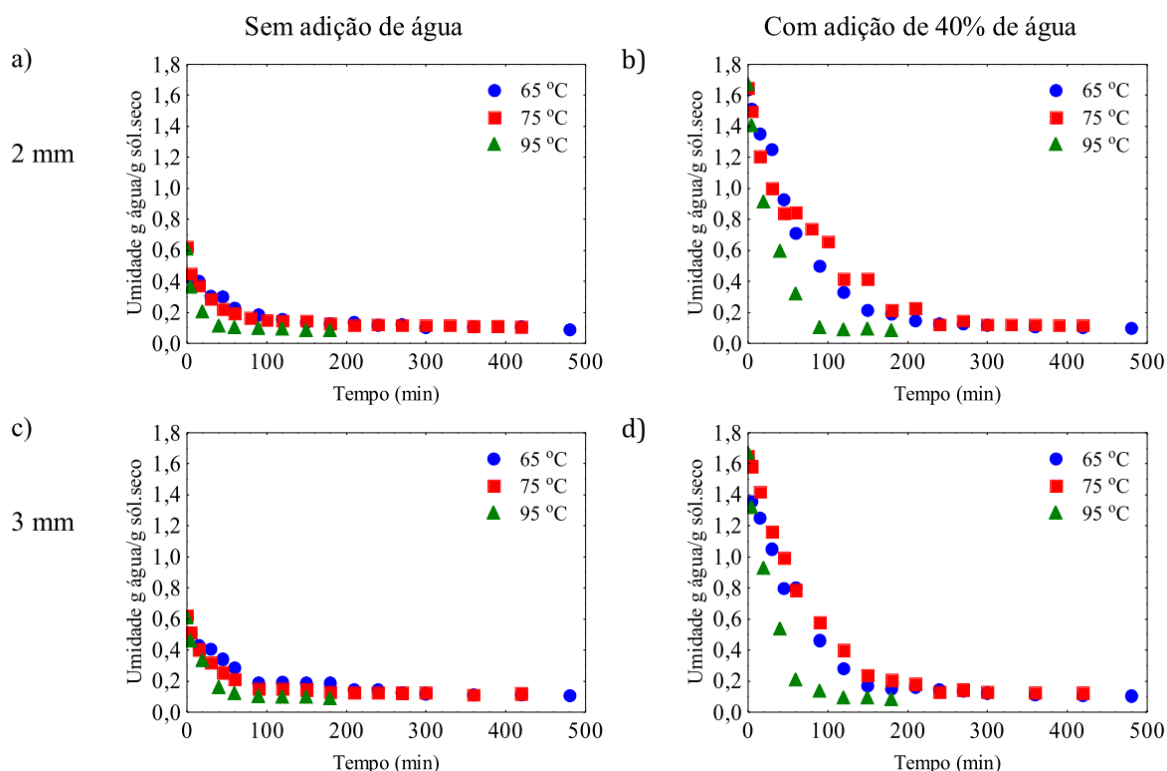


Tabela 1 - Taxa de secagem da pasta dos frutos de pimenta rosa

Temperatura da água circulante (°C)	Espessura da pasta (mm)	Quantidade de água adicionada à pasta (%)	Taxa de secagem (g _{água} /g _{sól. seco} .min)	R ²
65,0	2	0	0,0035 ± 0,0004	0,9544
		40	0,0124 ± 0,0011	0,9703
	3	0	0,0035 ± 0,0002	0,9877
		40	0,0105 ± 0,0009	0,9691
75,0	2	0	0,0047 ± 0,0006	0,9558
		40	0,0176 ± 0,0023	0,9528
	3	0	0,0033 ± 0,0004	0,9470
		40	0,0119 ± 0,0011	0,9695
95,0	2	0	0,0071 ± 0,0017	0,9431
		40	0,0190 ± 0,0028	0,9587
	3	0	0,0063 ± 0,0012	0,9347
		40	0,0223 ± 0,0027	0,9601

Para a pasta de pimenta rosa sem adição de água espalhada sobre o filme polimérico com 3 mm de espessura, verificou-se também que o aumento da temperatura da água circulante contribuiu de forma significativa para a redução do tempo de secagem. Nesta condição, ao final da taxa de secagem constante, umidades inferiores a 0,12 g_{água}/g_{sólido seco} foram alcançadas com 300, 270 e 90 min para as amostras secas a temperatura da água



circulante de 65 °C, 75 °C e 95 °C, respectivamente. Já para a pasta com adição de 40 % de água em peso e com 3 mm de espessura, ao final da taxa de secagem constante, umidades menores que 0,12 g_{água}/g_{sólido seco} foram alcançadas com 360, 360 e 120 min para as amostras secas a temperatura de 65 °C, 75 °C e 95 °C respectivamente. Estes resultados demonstram redução de mais de 60 % no tempo de secagem quando a temperatura é elevada de 75 °C para 95 °C para as amostras espalhadas com 3 mm de espessura sem adição de água.

A maior diferença de temperatura entre a amostra e o ar próximo à superfície da amostra para as maiores temperaturas de secagem, resultou em maior transferência de calor, reduzindo o tempo de secagem. O tempo de secagem para a espessura de espalhamento de 2 mm foi menor porque o caminho para a migração de umidade desde o interior até a superfície, para então se transferir para o ambiente externo, também foi menor, (menor a resistência à transferência de massa). Também, têm-se uma maior quantidade de água a ser evaporada nas amostras adicionadas de 40 % de água quando comparado às amostras sem adição de água.

A temperatura da água circulante, espessura da pasta e quantidade de água adicionada afetaram na taxa de secagem (Tabela 1), sendo que a temperatura teve maior efeito. De forma geral, para mesma temperatura e quantidade de água adicionada, aumentando a espessura da pasta de 2 para 3 mm, as taxas reduziram entre 10 e 50 % para as temperaturas entre 65 °C e 95 °C, respectivamente, sendo as maiores reduções nas temperaturas mais elevadas.

4. CONCLUSÃO

Para que a pimenta rosa triturada atingisse consistência de pasta que permitisse o espalhamento foi necessária a adição de água. O equipamento experimental em batelada para secagem por *cast-tape drying* possibilitou estudar o processo de secagem da pimenta rosa moída e a influência da temperatura da água do banho termostático, da quantidade adicionada de água na amostra e da espessura da amostra na cinética de secagem. A temperatura da água e a espessura da camada de amostra influenciam significativamente na cinética de secagem por *cast-tape drying*. O tempo de secagem foi menor para a temperatura do banho termostático de 95 °C e espessura da camada de amostra de 2 mm sem adição de água.

5. REFERENCIAS

- ANDRADE, K. S. Extração e microencapsulamento de extratos de interesse biológicos provenientes de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* R.). 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2015.
- BERTOLDI, M. C. Atividade antioxidante *in vitro* da fração fenólica, das oleorresinas e do óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi). 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- RAGHAVI, L. M.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Refractance window drying of foods: A review. *Journal of Food Engineering*, v. 222, p. 267-275, 2018.
- 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.