



APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE MORANGO POR MEIO DE DESIDRATAÇÃO

LORRANE S. OLIVEIRA^{1*}, RICARDO C. SANTANA^{1,2}, BÁRBARA L. M. SILVA², MARTA F. ZOTARELLI^{1,2}

¹Faculdade de Engenharia Química-Graduação em Engenharia de Alimentos/Universidade Federal de Uberlândia

²Faculdade de Engenharia Química- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos/ Universidade Federal de Uberlândia

*Lorrane.oliveira@ufu.br

RESUMO - Os resíduos resultantes do processamento de frutas possuem uma rica composição e podem ser aproveitados como subproduto, como no caso do morango. Os métodos de secagem quando aplicados nos resíduos viabilizam o aproveitamento dos mesmos como novos produtos. Este trabalho tem como objetivo o estudo do processo de secagem por *cast-tape drying* do resíduo proveniente do processamento da polpa de morango. Foram analisados o efeito das variáveis de processo, ou seja, temperatura da água circulante, 65, 75 e 85 °C, e espessura do resíduo de morango espalhado sobre o filme, 3, 4 e 5 mm, além de caracterização do extrato seco, quanto a cor, umidade, higroscopicidade e distribuição granulométrica. O estudo da cinética de secagem das amostras e a avaliação da influência das condições de processo, espessura da amostra e temperatura da água circulante, sugerem que 85 °C e 3 mm é a combinação de condições que alcançou o menor tempo de secagem, a menor umidade. Não ocorreu alteração quanto a higroscopicidade, mas houve diferença na cor dos pós produzidos.

PALAVRAS-CHAVE: *cast-tape drying*, secagem, subproduto de morango.

ABSTRACT - The residues resulting from fruit processing have a rich composition and can be used as a by-product, as in the case of strawberries. The drying methods when applied to the residues make it possible to use them as new products. This work aims to study the process of cast-tape drying of strawberry pulp residues. The effect of the process variables were analyzed, that is, circulating water temperature, 65, 75 and 85 °C, and thickness of the strawberry residue spread on the film, 3, 4 and 5 mm, besides the characterization of the dry extract, regarding color, humidity, hygroscopicity and particle size distribution. The study of the drying kinetics of the samples and the evaluation of the influence of the process conditions, sample thickness and circulating water temperature, suggest that 85 °C and 3 mm is the combination of conditions that achieved the shortest drying time, the lowest humidity of the powders produced. There was no significant change in the hygroscopicity of the powders, but there was a difference in the color of the powders produced.

KEYWORDS: *cast-tape drying*, drying, strawberry residue



INTRODUÇÃO

A demanda por produtos com propriedades nutricionais que influenciem na saúde e estética é crescente. Essa necessidade surge em decorrência do estilo de vida atual e, também, da necessidade de consumir produtos mais saudáveis (ESPARZA et al., 2020). A produção mundial de frutas ultrapassa as 860 milhões de toneladas. O Brasil é um dos maiores produtores de frutas, ocupando a terceira posição mundial, após a China e a Índia (VIDAL, 2021).

O consumo de frutas ocorre principalmente na forma *in natura*, mas como são produtos que possuem alta perecibilidade tem limitação nos seus usos, assim são processadas, para ter aumento da vida útil e as possibilidades de seus usos como na forma de sucos, polpas, néctares, doces e geleias que são alguns dos produtos, que resolvem parcialmente a limitação da perecibilidade além da sazonalidade das frutas (ARAUJO; SANTOS, 2022).

Durante o processamento de frutas geralmente, cerca de 20 a 60% do fruto é descartado na forma de resíduos (ANSILEIRO et al., 2020). Resíduos de alimentos podem ser aproveitados como subprodutos, correspondendo aquelas partes ricas em matéria orgânica que são geradas após o processamento de uma matéria-prima (SETTE et al., 2020). Os resíduos de frutas são sementes, bagaço, talos, pedúnculos e cascas que normalmente não têm uso, sendo comumente descartados (TOLEDO, 2013). Esses resíduos geram quantidades elevadas de lixo orgânico, causando problemas ambiental e econômico (CRIZEL, 2017).

Geralmente os resíduos de frutas são levados para aterros, ou algumas formas comuns de destinar aplicação para ester materiais, incluem, uso para ração animal, envio para compostagem (ANSILEIRO et al., 2020), porém, essas práticas não resultam no aproveitamento de todo o potencial dessas biomassas. Nesse sentido, estudos têm mostrado que resíduos de frutas são importantes fontes de nutrientes que poderiam

ser usados para o aumento do valor nutritivo da dieta humana (AYAR et al., 2017; SILVA et al., 2019; VIEIRA et al., 2019; PAZIDORA et al., 2019; BARCELOS et al., 2020). Dos resíduos de frutas podem ser extraídos compostos bioativos, óleos essenciais e vitaminas, além de minerais e agentes antimicrobianos (SETTE et al., 2020). Ainda apresentam potencial para a produção de biocombustíveis, biopolímeros, pigmentos e produtos químicos (SANTOS, 2022).

O morango é um dos frutos mais consumidos no mundo, sendo que o principal mercado do morango é o da fruta *in natura*. Mas também é utilizado em produtos como sorvetes, geleias, gelatinas, xaropes, chás, compotas, sucos e polpa de frutas, o que gera resíduos com potencial de aproveitamento (ANTUNES et al., 2016), principalmente, no desenvolvimento de produtos e ingredientes após a sua submissão a um processo de conservação de alimentos como a secagem.

Os métodos de secagem quando aplicados nos resíduos de frutas viabilizam o aproveitamento dos mesmos como novos produtos (DAMIANI, 2020). O objetivo principal da secagem é a retirada da água, responsável por propiciar um meio propício para reações químicas e proliferação microbiana (MARTINS et al., 2020). A transformação destes resíduos em pós alimentícios ou farinhas, torna possível serem utilizados como ingrediente na produção de diferentes produtos como bebidas, corantes, sobremesas, biscoitos, massas e pães (ANSILEIRO et al., 2020).

O método de secagem a ser utilizado depende, entre outros fatores, das características do material que se deseja secar, do formato (inteiro, em pedaços, fatias, moído, pastoso ou líquido) e das características desejadas dos produtos, como cor, preservação de compostos bioativos dentre outras, além dos custos relacionados ao processo (PARK et al., 2007). Entre os métodos desenvolvidos mais recentemente, a secagem por *cast-tape* (também chamada por secagem por *refractance window*) tem sido aplicada a

alimentos, incluindo pastas e fatias de frutas (DURIGON et al., 2016).

Na secagem por *cast-tape drying* (CTD) o produto a ser seco, geralmente na forma de pasta, é espalhado sobre uma esteira (ou filme) polimérica, que flutua sobre água aquecida. A remoção da umidade do alimento ocorre devido à energia térmica transferida por condução e convecção. É um método comparativamente simples e barato, e com secagem relativamente rápida (a depender de algumas condições do processo) e que, por isso, quando confrontado a métodos convencionais de secagem, possibilita a preservação de forma mais satisfatória, de características como cor, sabor, aroma e nutrientes na produção de alimentos secos (ORTIZ-JEREZ et al., 2015; DURIGON et al., 2016; ZOTARELLI et al., 2017)

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

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção e preparo da amostra

O resíduo do processamento de morango foi cedido por uma indústria de polpa de frutas situada no município de Presidente Olegário-MG. O morango passa por processo de separação em despoldadeiras, resultando na polpa de fruta como produto final, e gerando o resíduo do morango, constituído por folhas, sementes, fibras e restos de polpas aderidas.

As amostras foram armazenadas em 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 .

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 m x 0,3 m x 0,05 m) com água quente circulante, proveniente do 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 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 o resíduo de morango espalhado. Foi utilizado um sistema de exaustão, que proporcionou uma convecção forçada e auxiliou na retirada da água evaporada durante a secagem, contribuindo para a redução da umidade do resíduo de morango que é seco. Um esquema da unidade experimental de secagem utilizada é mostrado na Figura 1.

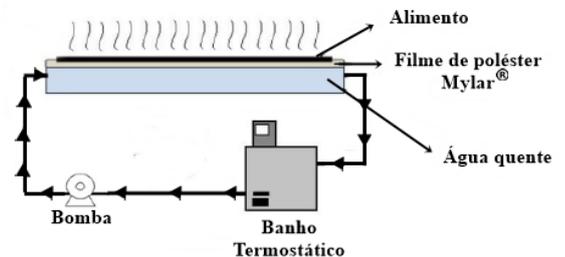


Figura 1: Esquema da unidade experimental adaptado de ZOTARELLI et al., (2015).

As condições experimentais avaliadas para o processo de secagem por *cast-tape drying* foram: espessura da camada de resíduo de morango espalhado sobre o filme do equipamento de 3, 4 e 5 mm e temperatura da água do banho termostático 65, 75 e 85°C . O espalhamento sobre o filme polimérico foi realizado com auxílio molduras de acrílico nas espessuras de 3, 4 e 5 mm.

Determinação da Cinética de Secagem

A cinética de secagem foi realizada retirando amostras em triplicata, de posições distintas da camada de resíduo de morango espalhado 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.

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

Em que X_t é o teor de umidade da amostra, em base seca, (adimensional); M_u é a massa da amostra úmida, em grama (kg); M_s é a massa da amostra seca em quilograma (kg).

Caracterização físico-química do resíduo de morango seco por *cast-tape drying*

Tanto o resíduo *in natura* quanto os produtos desidratados foram caracterizados quanto à umidade e cor, e para o resíduo seco foram realizadas análises de granulometria e de higroscopicidade.

Análise de cor: A cor instrumental foi avaliada por refletância com o colorímetro digital (CR400 – Minolta Company, Japão), com escala CIELab (L^* , a^* , b^*). As análises foram realizadas em ambiente com temperatura controlada a 25 °C. As medidas de coloração são expressas em termos da luminosidade L^* ($L^*=0$ preto e $L^*=100$ branco), e da cromaticidade definida por a^* (+60 a^* =vermelho e - 60 a^* =verde) e b^* (+ 60 b^* =amarelo e - 60 b^* =azul).

Determinação da Higroscopicidade: A higroscopicidade do material seco foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000). Colocou-se aproximadamente 1 g de cada amostra em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29 %) a 25 °C e, após uma semana, as amostras foram pesadas e a higroscopicidade expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra ($g\ 100g^{-1}$) e calculada conforme apresentado na Equação 2.

$$H = \frac{m_i}{x} * 100 \quad (2)$$

Em que, H representa a higroscopicidade (g de água adsorvida/100 g de sólidos); m_i é a massa inicial da amostra (g); X é a massa de umidade adsorvida (g).

Análise Granulométrica: Para as amostras do produto seco, foi determinada a distribuição granulométrica e calculado o diâmetro médio de Sauter das partículas após a desaglomeração das mesmas em moinho de facas (Arno, modelo Triton, Brasil). Assim, 80 g foram pesadas em balança analítica e colocadas sobre

um jogo de peneiras previamente pesadas, de malhas, mesh Tyler 10, 14, 16, 20, 28, 32, 42, 48, 60, 65, 80, 100, 115 e 150, com fundo (peneira “cega”) e tampa. As peneiras foram colocadas sobre agitador vibratório (Haver & Boecker, modelo Haver EML Digital Plus, Alemanha), durante 10 min sob amplitude de vibração de 1,5 mm. Ao final do tempo as peneiras e o fundo foram cuidadosamente pesados para verificar a quantidade de pó retido em cada um deles. O diâmetro médio de Sauter foi calculado a partir das frações mássicas de pó retidas em cada peneira através da Equação 3.

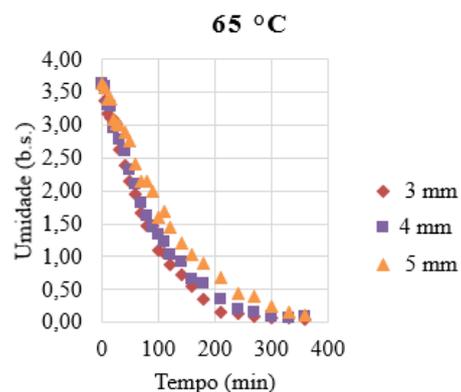
$$\bar{D} = \frac{1}{\sum \frac{\Delta X_i}{D_i}} \quad (3)$$

Em que \bar{D} é o diâmetro médio de Sauter, ΔX_i é a fração em massa retida em cada faixa e D_i é o diâmetro médio em cada faixa da distribuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cinética de secagem

As curvas de cinética de secagem do resíduo de morango, mostrando a variação da umidade (b.s.), para temperatura da água circulante de 65, 75 e 85 °C e as espessuras de espalhamento de 3, 4 e 5 mm estão representados na Figura 2. A umidade inicial do resíduo de morango foi em média 78% em base úmida.



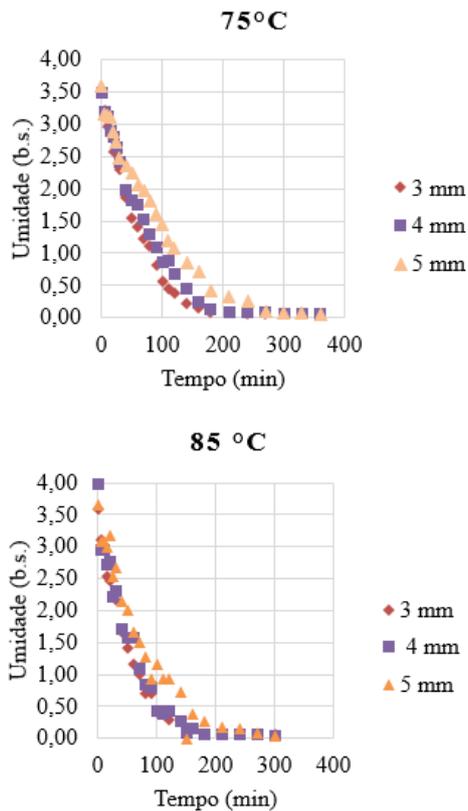


Figura 2: Cinética de secagem por CTD do resíduo de morango em função da variação da espessura de camada espalhada: 65°C, 75°C e 85°C.

Nas curvas apresentadas na Figura 2, foi possível observar a influência da temperatura da água circulante e da espessura de espalhamento da amostra no processo de secagem, verificando que em termos de tempo necessário para se atingir a umidade de equilíbrio ocorreu com a menor espessura de espalhamento (3 mm) na maior temperatura do banho (85 °C).

O tempo de secagem necessário para cada uma das condições aplicadas, foi definido com base na umidade final, uma vez que se tenha atingido a umidade de equilíbrio dinâmico. A umidade de equilíbrio, é o menor teor de umidade atingível no processo de secagem com o sólido nas condições a que está submetido (PARK et al., 2001). A partir dos resultados, foi possível observar que todos os experimentos de secagem do resíduo de morango atingiram a umidade de equilíbrio dinâmico, considerando o tempo total de operação. Na Tabela 1 são mostrados os tempos para se atingir o equilíbrio dinâmico.

Tabela 1: Tempo de secagem para as diferentes condições de temperatura e espessura no CTD

Temperatura da água circulante (°C)	Espessura do resíduo (mm)	Tempo (min)
65	3	300
	4	330
	5	360
75	3	210
	4	240
	5	300
85	3	180
	4	210
	5	300

Na Tabela 2 são visualizados o teor de umidade final nos tempos para se atingir a umidade de equilíbrio, apresentados na Tabela 1.

Tabela 2: Umidade final para as diferentes condições de temperatura e espessura no CTD

Temperatura de água circulante (°C)	Espessura do resíduo (mm)	Umidade
		(g água/ g sólido seco) Média ± DP*
65	3	0,078±0,015
	4	0,076±0,035
	5	0,080±0,029
75	3	0,080±0,006
	4	0,078±0,011
	5	0,078±0,05
85	3	0,079±0,018
	4	0,075±0,001
	5	0,077±0,039

*Desvio Padrão (DP)

A combinação menor espessura de espalhamento do resíduo de morango, 3 mm, e maior temperatura da água circulante, 85°C, resultou no menor tempo de secagem, aproximadamente 180 min, para se atingir a umidade de equilíbrio, quando comparado com as demais combinações de condições, sendo que a umidade do resíduo seco ao atingir esse tempo foi de 0,074 g água/ g sólido seco. Para as espessuras de 4 e 5 mm na temperatura de 85 °C, observou, um tempo de secagem para se atingir o equilíbrio, respectivamente, de 210 e 300 min. Ao atingir esse tempo de secagem, a umidade do sólido foi de 0,075 e 0,074 g água/ g sólido seco respectivamente para 4 e 5 mm.

A maior diferença de temperatura entre a amostra e o ar próximo a superfície da amostra para as maiores temperaturas de secagem, resultou em maior transferência de calor e massa, reduzindo o tempo de secagem. O tempo de secagem para a espessura de espalhamento de 3 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, comparada as espessuras de 4 e 5 mm.

Observando os dados de umidade final na Tabela 2, todas as condições analisadas foram alcançadas umidades inferiores a 0,09 g de água/ g sólido seco (umidades abaixo 10% b.u.) nos tempos de secagem apresentados. Alguns autores relataram que um conteúdo de umidade menor que 10% (b.u) para alimentos em pó é seguro para longos períodos de armazenamento (DOYMAZ, 2006).

O maior tempo de secagem para alcançar a umidade de equilíbrio foi encontrado na combinação de 5 mm de espessura com 65°C de temperatura da água circulante, ou seja, em cerca de 360 min. Uma camada mais espessa (5 mm) do resíduo de morango conduziu a uma maior resistência às transferências de calor e de massa, efeito intensificado pelo menor gradiente de temperatura verificado com operação com água circulante fornecendo calor na menor temperatura (65 °C). Ainda analisando o tempo de secagem na temperatura mais baixa, 65 °C, verificou-se que, nas espessuras de camada de resíduo de morango de 3 e 4 mm, foi necessário para se alcançar o

equilíbrio dinâmico, respectivamente, em torno de 300 e 330 min. Desta forma, ao se atingir o equilíbrio a umidade do sólido foi de 0,078, 0,076 e 0,08 g água/ g sólido seco respectivamente, para 3, 4 e 5 mm.

Para a temperatura intermediária de 75°C os resultados foram de 210 min e umidade de 0,08 g água/ g sólido seco para 3 mm, 240 min e umidade de 0,078 g água/ g sólido seco para 4 mm e 300 min e umidade de 0,078 g água/ g sólido seco para 5 mm

Comportamento semelhante foi observado por Pich (2019) na secagem de pasta de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius R.*) por CTD, em que elevadas temperaturas da água circulante e menores espessuras de espalhamento levaram a maiores taxas de secagem. Silva (2021) verificou, na secagem por CTD de hortelã (*Mentha Spicata L.*) a temperatura da água circulante de 90 °C, que camadas mais finas de espalhamento da polpa apresentaram maiores taxas de secagem.

Caracterização físico-química do resíduo de morango seco por *cast-tape drying*

Análise de cor instrumental: Os resultados para a coloração e higroscopicidade do resíduo de morango in natura e seco por *cast-tape drying*, estão apresentados na Tabela 3. As medidas de coloração são expressas em termos de (L*), luminosidade, escala que vai do branco ao preto, (a*), escala que vai de verde ao vermelho e, (b*), que vai de amarelo ao azul.

Tabela 3: Parâmetros de cor do resíduo de morango *in natura* e seco em diferentes condições de secagem por *cast-tape drying*.

Temperatura de água circulante (°C)	Espessura do resíduo (mm)	L*	a*	b*	Higroscopicidade (%)
		Média ± DP*	Média ± DP*	Média ± DP*	Média ± DP*
Resíduo <i>in natura</i>	-	11,34±0,037	13,31±0,066	10,61±0,097	--
65	3	13,42±0,082	11,32±0,093	10,90±0,083	10,72± 0,38
	4	13,89±0,079	10,87±0,072	10,54±0,063	9,13 ± 0,06
	5	11,64±0,081	10,47±0,081	9,97±0,055	12,06 ± 0,37
75	3	14,04±0,012	10,92±0,082	11,09±0,066	10,04 ± 0,62
	4	14,06±0,060	11,29±0,124	11,43±0,114	10,18 ± 0,20
	5	13,36±0,037	10,73±0,058	11,04±0,079	9,00 ± 0,47
85	3	13,24±0,033	10,30±0,110	10,81±0,072	9,10 ± 0,24
	4	13,20±0,028	10,34±0,067	10,97±0,077	9,27 ± 0,53
	5	12,72±0,030	10,27±0,083	10,94±0,070	9,64 ± 1,09

*Desvio Padrão (DP)

Conforme apresentado na Tabela 3, o pó com coloração mais clara, ou seja, maior luminosidade, foi o pó produzido a temperatura da água circulante de 75 °C e espessura de espalhamento da amostra sobre o filme de poliéster do secador de 4 mm, visto que alcançou o maior valor para o parâmetro L* em relação aos pós produzidos nas demais condições. Neste sentido, o pó mais escuro foi produzido a temperatura da água circulante de 65 °C e espessura de espalhamento de 5 mm, o que demonstra que, possivelmente, que o maior tempo de exposição da amostra ao calor secagem tem influência neste parâmetro.

Com relação ao parâmetro a*, o qual indica, quanto mais positivo o valor, a tendência ao vermelho, da mesma forma que o parâmetro luminosidade, o maior valor foi observado para a amostra do pó seca a temperatura da água circulante de 65 °C e espessura de espalhamento da amostra de 3 mm. Para o parâmetro b*, o qual indica, quanto mais positivo o valor, a tendência ao amarelo, de acordo com a Tabela 3, a condição de temperatura da água circulante de 75 °C e espessura de espalhamento da amostra de 4 mm, foi a que tendeu a apresentar maior valor,

embora muito próximo dos outros experimentos.

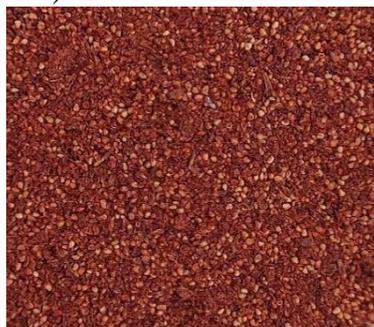
Na Figura 3 estão apresentadas as fotografias dos pós produzidos após a secagem do resíduo de morango por *cast-tape drying*. É possível observar que, visualmente, os pós produzidos nas diferentes condições apresentaram características muito semelhantes entre si, e com o vermelho intenso, característico do morango.



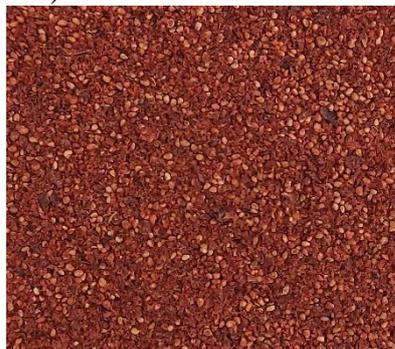
a) Resíduo de morango *in natura*



b) 65 °C



c) 75 °C



d) 85 °C

Figura 3: Fotografia do resíduo de morango *in natura* e seco nas condições avaliadas.

Higroscopicidade: A higroscopicidade é um fator importante para alimentos desidratados em pó, visto que é a capacidade que certos materiais possuem em adsorver água em sua superfície, podendo ser influenciada pela própria umidade do produto. Alimentos em pó com altas higroscopicidades promovem um fenômeno conhecido como auto-aglomeração (*caking*), que dificulta a utilização desses produtos (CARLOS et al., 2005). A higroscopicidade é um importante parâmetro de indicação da estabilidade de um alimento desidratado.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, o menor valor de higroscopicidade (9,00 %) foi obtido para o resíduo desidratado a 75 °C com 4 mm de espessura. O maior valor de higroscopicidade

na temperatura e 65 °C e 5 mm (12,06%). Em todas as condições de secagem avaliadas, os valores de higroscopicidade foram baixos, não apresentando diferença muito intensa considerando as variações de temperatura e espessura.

Análise Granulométrica: A distribuição de tamanho de partícula do produto seco obtido, foi realizada após a desaglomeração e a submissão do material a um vibrador e um conjunto de peneiras padronizadas. Essa caracterização teve por objetivo conhecer o tamanho do material particulado obtido, não sendo relacionado as variáveis de secagem. Na Figura 4 está representada a distribuição granulométrica (distribuição cumulativa) do resíduo de morango seco pelo método de *cast-tape drying*.

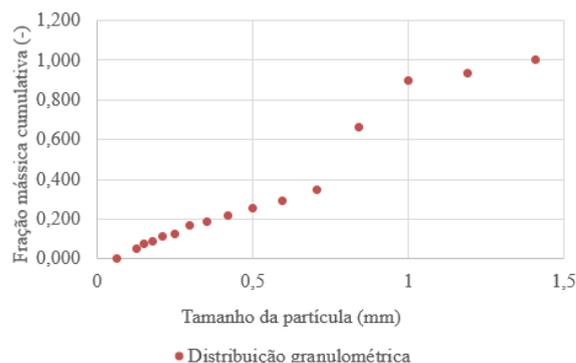


Figura 4 - Distribuição granulométrica do resíduo de morango seco por *cast-tape drying*.

A distribuição cumulativa apresentada na Figura 4 mostra que o material seco de resíduo de morango apresentou uma distribuição de tamanho de partícula heterogênea. Nesse sentido, o resíduo, após a secagem por CTD teve 65% das partículas com granulometria mais grossa, com diâmetro de peneira entre 0,707 e 1,400 mm. A maior parte das partículas da amostra, cerca de 31% ficaram retidas na faixa de 0,707 e 0,841 mm.

A característica de partículas maiores, possivelmente está relacionado a grande quantidade de aquênios do morango presentes no resíduo, visualizados na Figura 3, pois eles estão presentes em grande quantidade e não sofrem redução de tamanho durante a operação de despulpamento no processamento industrial do morango. Através da equação 3 o diâmetro

médio de Sauter calculado foi de 0,445 mm para a amostra analisadas.

CONCLUSÃO

A secagem de resíduo de morango por *cast-tape drying* é uma alternativa viável, porém precisa ser comparada a outros métodos de secagem. A secagem ocorreu mais rápido nas condições de secagem de maior temperatura da água circulante (85 °C) e menor espessura de espalhamento da amostra (3 mm). Em todas as condições de secagem avaliadas a umidade dos pós produzidos ficaram abaixo de 10 %. Não ocorreu alteração significativa quanto a higroscopicidade dos pós. em relação às condições de processo que foram variadas, sendo que, em geral, o material particulado obtido apresentou baixa higroscopicidade, o que indica tendência de material estável para armazenamento. A cor instrumental do resíduo de morango foi afetada de acordo com o processo de secagem, sendo as piores condições encontradas resultando em maior degradação as condições de água circulante em temperatura de 65 e 85°C e espessura de 5 mm. Dessa forma a maior variação para a coloração está relacionada a espessura da amostra e ao tempo de secagem. A distribuição granulométrica apresentou diâmetro médio de Sauter de 0,445 mm, sendo a maior parte das partículas retidas com tamanho entre 0,707 e 0,841 mm, sendo o resíduo constituído em grande parte por aquênios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFU e a FAPEMIG pelo auxílio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

- AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 17th, Virginia, 2005.
- ANSILIERO, R., CANDIAGO, N. T., COMUNELLO, H. H., MORAES, J. D., SIMON, G., SOUZA, E. L. DE. Alternativas para aproveitamento de resíduos de frutas –uma revisão. Anuário Pesquisa E Extensão, Unoesc Videira, 5, 2020.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E.. MORANGUEIRO. Brasília: Embrapa, 2016. 590 p. (ISBN 978-85-7035-594-2). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179724/1/Luis-Eduardo-MORANGUEIRO-miolo.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- ARAÚJO, I. C. DA S.; SANTOS, ÊNIO R. DE M. Aproveitamento de subprodutos do processamento de frutas e hortaliças. Revista Brasileira de Agrotecnologia, v. 12, n. 1, p. 09-16, 30 jun. 2022.
- AYAR, A., SIÇRAMAZ, H., ÖZTÜRK, S., & ÖZTÜRK YILMAZ, S. Propriedades probióticas de sorvetes produzidos com fibras dietéticas de subprodutos da indústria alimentícia. International Journal of Dairy Technology, 71 (1), 174–182, 2017. doi: 10.1111 / 1471-0307.12387.
- BARCELOS, S. C., et al. Effect of acerola (Malpighia emarginata DC) pulp incorporation on potentially probiotic Petit-Suisse goat cheese.2020. Journal Food Process Preservation. e14511. doi: doi.org/10.1111/jfpp.14511.
- CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. Journal of Food Science, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252,2000. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>
- CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CALVIDAL, J. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. Brazilian Journal of Food Technology, v.8, p.163- 173, 2005.
- CRIZEL, Tainara de Moraes. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA E NUTRACÊUTICA NO DESENVOLVIMENTO DE INGREDIENTES ATIVOS PARA APLICAÇÃO EM FILMES BIODEGRADÁVEIS. 2017. 211 f. Tese

- (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- DAMIANI, C.; MARTINS, G. A. de S.; BECKER, F. S. . APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS VEGETAIS: potenciais e limitações. Portal de Livros da Editora, [S. l.], v. 1, n. 35, p. Lv35, 2020. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/editora/article/view/9108>. Acesso em: 14 de novembro de 2022.
- DERAL, Departamento de economia rural, Prognóstico 2020. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2022.
- DOYMAZ, I. Thin-layer drying behaviour of mint leaves. *Journal of Food Engineering*, v. 74, n. 3, p. 370–375, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.009>
- DURIGON, A. et al. Cast-tape drying of tomato juice for the production of powdered tomato. *Food and Bioprocess Processing*, v. 100, p. 145–155, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2016.06.019>.
- ESPARZA, I. et al. Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches. *Journal Of Environmental Management*, v. 265, p.110510, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110510>
- MARTINS, F. P.; et al. Secagem: uma revisão. *The Journal Of Engineering And Exact Sciences*, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 0600-0607, 20 out. 2020. Universidade Federal de Viosa. <http://dx.doi.org/10.18540/jcecvl6iss4p0600-0607i>.
- ORTIZ-JEREZ, M.J. et al., Quantitative understanding of refractance window. drying. *Food and Bioprocess Processing*. v. 95, p. 237-253, 2015.
- PARK, K.J; A., G.C.; et al. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. 121p. 2007. Disponível em: http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concproceqsec_07.pdf. Acesso em: 14 de novembro de 2022.
- PAZDIORA, R.D., PAZDIORA, B. R. C. N.; FERREIRA, E; MUNIZ, I. M; ANDRADE, E. R; SIQUEIRA, J. V. S; SCHERER, F; VENTUROSO, O. J; SOUZA, P. J., Digestibilidade, comportamento ingestivo e desempenho de ovinos alimentados com resíduos de agroindústrias processadoras de frutas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.71, n.6, p.2093-2102, 2019. doi: 10.1590/1678-4162-10706.
- PICH, R. C. Obtenção e caracterização do produto seco da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* R.) por cast tape drying. 2019. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.361>.
- SANTOS, Leticia Bueno dos. Aproveitamento de subprodutos da industrialização do maracujá para elaboração de iogurte. 2013. 70 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 131.
- SETTE, P.; FERNANDEZ, A.; SORIA, J.; RODRIGUEZ, R.; SALVATORI, D.; MAZZA, G. Integral valorization of fruit waste from wine and cider industries. v. 242. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-11, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619333566>>. Acesso em 14 de novembro de 2022. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118486.
- SILVA, M. L. T., Brinques, Graziela Bruschi e Gurak, Poliana Deyse Utilização de farinha de subproduto de brotos para elaboração de massa alimentícia fresca. *Brazilian Journal of Food Technology* [online]. 2019, v. 22 [Acessado 4 Novembro 2022] , e2018063. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-6723.06318>>. Epub 21 Mar 2019. ISSN 1981-6723.

<https://doi.org/10.1590/1981-6723.06318>.

- SILVA, J. L. Secagem e caracterização da hortelã (*Mentha Spicata* L.) pelo método *cast-tape drying*. 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2021. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.272>.
- TOLEDO, Nataly Maria Viva de. Aproveitamento de subprodutos da industrialização do maracujá para elaboração de iogurte. 2013. 211 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 131.
- VIDAL, M. F. PRODUÇÃO COMERCIAL DE FRUTAS NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO BNB. 168. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2021. 14 p. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/822/1/2021_CDS_168.pdf. Acesso em 14 de novembro de 2022.
- VIEIRA, D. M., BARROS, S. L., SILVA, V. M. DE A., SANTOS, N. C., NASCIMENTO, A. P. S., & MELO, M. O. P. Elaboração de barra de cereal com resíduos secos de abacaxi e caju. In: II Congresso Paraibano de Agroecologia & IV Exposição Tecnológica, 2019. Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v. 9, n.7, e-6839, 2019.
- ZOTARELLI, M. F.; et al. Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window. *Food Research International*, v. 69, p. 410-417, 2015.
- ZOTARELLI, M. F. et al. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. *Power Technology*, v. 305, p. 447-454, 2017.