

Secagem da casca de tangerina: cinética e desempenho do secador solar convectivo
Drying of Tangerine peel: kinetics and performance of a convective solar dryer
Secado de cáscara de mandarina: cinética y rendimiento del secador solar convectivo

Recebido: 03/04/2020 | Revisado: 04/04/2020 | Aceito: 06/04/2020 | Publicado: 12/04/2020

Letícia Helena da Silva Bontempo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2157-8210>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: leticiah.bontempo@gmail.com

Letícia Vieira Castejon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6615-0146>

Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: leticiavieira@iftm.edu.br

Kássia Graciele dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7452-6900>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: kassia.santos@uftm.edu.br

Resumo

O desenvolvimento de novos produtos e o aproveitamento de resíduos vem sendo explorado cada vez mais em diferentes segmentos. Devido à alta umidade dos resíduos de frutas, estes devem ser secos em condições controladas de temperatura, para evitar a degradação dos nutrientes. O uso da energia solar no aquecimento do gás de secagem pode tornar o processo ambientalmente sustentável e menos oneroso. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do etanol sobre a cinética de secagem da casca de tangerina, bem como realizar sua secagem convectiva empregando um secador solar convectivo do tipo caixa. Foram avaliadas o efeito da variação da massa de matéria e a velocidade do ar sobre a temperatura e a umidade final e composição centesimal da farinha da casca da fruta. Os resultados mostram que a cinética foi representada pelo modelo de Overhults. A secagem solar usando a configuração de bandeja obteve boa taxa de secagem, atingindo até 74 °C para períodos ensolarados de 6 h de secagem. O material seco foi triturado para compor a farinha da casca de mexerica, que apresentou até 60% de fibras.

Palavras-chave: Farinha de fruta; Sustentabilidade; Secagem solar.

Abstract

The development of new products and the waste reuse has been increasingly explored in different segments. Due to the high humidity of the fruit residues, they must be dried under controlled temperature conditions, to avoid the nutrients degradation. The use of solar energy to heat the drying gas can make the process environmentally sustainable and less costly. The aim of this work was to study the effect of ethanol on the drying kinetics of the tangerine peel, as well as to perform its convective drying using a box-type convective solar dryer. The effect of the initial mass of particles and the air speed on the drying efficiency and proximate composition of the flour of the fruit peel were evaluated. The results show that the kinetics could be represented by the Overhults model. The solar drying using the tray configuration obtained a good drying rate, reaching up to 74 °C for 6 h of drying in a sunny day. The dry material was crushed to compose the tangerine peel flour, which had about of 60% fibers.

Keywords: Fruit flour; Sustainability; Solar drying.

Resumen

El desarrollo de nuevos productos y el uso de residuos se ha explorado cada vez más em diferentes segmentos. Debido a la alta humedad de los residuos de fruta, deben secarse bajo condiciones de temperatura controlada, para evitar la degradación de nutrientes. El uso de energía solar para calentar el gas de secado puede hacer que el proceso sea ambientalmente sostenible y menos costoso. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del etanol sobre la cinética de secado de la cáscara de mandarina, así como realizar su secado por convección utilizando un secador solar convectivo tipo caja. Se evaluó el efecto de la variación de la masa de materia y la velocidad del aire sobre la temperatura y la humedad final y la composición próxima de la harina de la cáscara de la fruta. Los resultados muestran que la cinética fue representada por el modelo Overhults. El secado solar utilizando la configuración de bandeja obtuvo una buena tasa de secado, alcanzando hasta 74 °C durante períodos soleados de 6 h de secado. El material seco se trituroó para componer la harina de la corteza de mandarina, que tenía 60% de fibras.

Palabras clave: Harina de fruta; Sostenibilidad; Secado solar.

1. Introdução

Com o passar dos anos a sociedade se modifica e as mudanças de hábitos e estilo de vida tornam-se inevitáveis. Grandes cidades tendem a ficar cada vez mais populosas e movimentadas, fazendo com que a população sofra com diversas doenças como, por exemplo, a obesidade. Nesse sentido as frutas possuem papel essencial na alimentação humana, representando excelentes fontes de vitaminas, minerais e nutrientes. Porém deve-se observar

sua alta perecibilidade, o que gera a necessidade de escoamento rápido e refrigeração adequada da produção (Coelho, 2010).

Por possuírem um alto teor de umidade (cerca de 80%), as frutas e legumes são altamente perecíveis e por isso, sendo necessário o beneficiamento dos mesmos para diminuir as perdas. A secagem é uma das técnicas mais utilizadas na conservação dos alimentos, pois além de gerar um ambiente inadequado ao crescimento microbiano ela também reduz o peso e as dimensões do produto, permitindo menores custos de transporte e armazenamento. Isso ocorre devido a perda significativa de água durante o processo da secagem (Venturin & Silva, 2019).

Um dos tipos de secagens mais utilizadas na remoção de grande variedade de material biológico, grãos e sementes, é a secagem convectiva usando bandejas, leito fixo ou móvel. Isso porque sua construção é simples e de fácil operação (Melo, 2009). No entanto, esta operação necessita de grande consumo de energia e longos tempos de secagem, por causa das baixas condutividades térmicas dos materiais. Neste contexto, novas tecnologias de secagem são ainda necessárias para produtos tradicionais, como grãos e sementes, em razão da massiva escala global de sua produção. E ainda, a globalização de mercado tem exigido demandas mais rigorosas sobre as tecnologias de secagem (Santos, 2009).

Outro aspecto significativo no processo de secagem é a possibilidade do uso da energia solar, uma fonte totalmente renovável, limpa e sustentável. O uso da energia solar no Brasil ainda não representa a principal fonte energia, porém já é bastante difundido. São encontrados vários trabalhos que aplicam energia solar para diversas operações da indústria, tais como processos de destilação da água (Tavares & Sousa, 2019; Araújo & Vasconcelos, 2019), destilação solar de álcool (Silva et al., 2019), aquecimento de água (Fonseca et al., 2017; Silva & Sousa, 2020); para tratamento de efluentes (Terra et al., 2020), na extração de óleos vegetais (Tavares et al., 2019), em sistemas de refrigeração por absorção e aquecimento solar (Paiva & Souza, 2015), secagem solar (Stoppe et al., 2020;), dentre outras operações.

Segundo Silva (2010), a técnica de secagem de alimentos através de energia solar é simples e de baixo custo, podendo ser realizada através de secadores solares. Estes podem ser de dois modelos: exposição direta e exposição indireta. Na secagem em exposição direta, o alimento recebe a radiação solar diretamente em sua superfície. Já na secagem indireta, o alimento é colocado em prateleiras, são utilizados um coletor e uma câmara de secagem, sendo este modelo mais indicado pois evita contaminações e perdas significativas do alimento.

A tangerina é uma fruta cítrica altamente consumida, sendo que o Brasil se destaca

como o maior produtor mundial desta fruta. Além disso, a tangerina ocupa a maior faixa de adaptação entre os cítricos cultivados, sendo tolerante de maneira uniforme a ambientes que possuem altos e baixos níveis de temperatura (Pio et al., 2001). Outro aspecto considerável a respeito da tangerina é o fato de ser uma fruta rica em fibras, vitamina C e potássio, onde suas propriedades mostraram-se eficientes no controle e prevenção de doenças como o diabetes e doenças cardiovasculares (Petrungaro, 2015).

No mercado nacional, a tangerina é uma fruta muito apreciada por apresentar características agradáveis, tais como sabor, aroma e aparência. Apresenta grande aceitação por parte do consumidor devido a vários aspectos, tais como a coloração acentuada, o sabor doce, o fácil descascamento e o tamanho do fruto que é mais expressivo que o das demais, normalmente encontradas no mercado (Pio et al., 2001).

A fruta é comercializada principalmente na forma in natura, mas também pode ser industrializada na forma de suco integral e polpa congelada. Assim, a casca da tangerina é um dos principais resíduos do processamento da fruta e consiste em uma fonte rica de fibras, compostos fenólicos, flavonoides e vitaminas (Gardusi et al., 2013). Uma das formas para se obter a farinha da casca da tangerina é por meio da secagem, que consiste na remoção de parte da água livre presente no alimento possibilitando-o ser armazenado à temperatura ambiente, evitando perdas significativas de suas características organolépticas e nutricionais. O sistema de secagem solar pode ser uma forma adequada, eficiente, além de economicamente viável, já que a sua fonte de energia é produzida pelo sol (Stoppe et al., 2020).

O objetivo deste trabalho foi estudar a cinética de secagem da casca de tangerina e secar a casca de tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) em um secador solar convectivo com duas configurações: do tipo bandeja (Configuração 1) e em leito fixo (Configuração 2). Foram realizados experimentos variando-se a quantidade de massa e a rotação do Cooler sobre a taxa de secagem para a Configuração 1. O material seco foi moído e foram realizadas análises nutricionais da farinha de fruta formada.

Desta maneira, desenvolveu-se um secador solar simples, de fácil utilização e de custo reduzido, que pode ser empregado em pequenas comunidades urbanas e rurais.

2. Metodologia

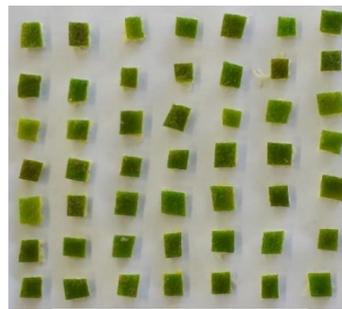
A seguir são mostrados os materiais utilizados e a metodologia aplicada para o estudo da secagem de cascas de tangerina no secador solar convectivo, assim como o método de caracterização do material e estudo da cinética de secagem realizados no laboratório.

Foi empregado um método de pesquisa laboratorial e quantitativo, baseado nos fenômenos de transferência de calor e massa (Pereira et al., 2018). Foram avaliadas as características morfológicas das partículas e propriedades como densidade aparente, porosidade do leite. Os dados cinéticos foram obtidos experimentalmente e modelados com correlações clássicas da literatura.

2.1 Caracterização das cascas de tangerina

As cascas de tangerina utilizadas nos experimentos foram obtidas em um estabelecimento de hortifruti na cidade de Uberaba. As tangerinas foram higienizadas com água potável corrente para a retirada de sujidades mais grosseiras, em seguida foram descascadas e fatiadas manualmente separando-se a polpa, que não foi utilizada, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Cortes da casca de tangerina.



Fonte: Do Autor (2020)

Na Figura 1 observa-se as cascas de tangerina, do tipo Pokan, cortadas em cubos uniformes de aproximadamente 1 cm.

2.1.1 Análise morfológica das partículas

O conhecimento do tamanho e da forma das partículas é um pré-requisito para muitas operações unitárias que envolvem contato fluido-partícula, pois as propriedades das partículas têm impacto significativo no desempenho do processo. Dentre os diversos tipos de fatores de forma, destacam-se o arredondamento, circularidade, alongamento e esfericidade. Neste trabalho, os fatores de forma e a distribuição de tamanho das partículas, bem como o diâmetro médio volumétrico foram calculados por meio da análise de imagens das partículas, empregando o software ImageJ.

O Arredondamento (A) e circularidade (C) comparam a superfície do objeto com a superfície do disco de mesmo perímetro que a partícula. Podem ser calculados segundo a Equação 1.

$$A = \frac{1}{C} = \frac{A_c}{A_p} = \frac{4\pi S_p}{P_e^2} \quad (1)$$

em que A_c é a área relativa ao menor diâmetro de uma esfera circunscrita à partícula, A_p é a área projetada da partícula em posição de repouso, P_e é o perímetro da linha que delimita a partícula e S_p é a área superficial da partícula.

Para valores de $C < 1,25$, considera-se a partícula circular, para valores de $1,25 < C < 2,0$, classifica-se a partícula como angular e para $C > 2,0$, a partícula é definida como comprida (Cremasco, 2014).

O Alongamento (A_l) mede a razão entre o maior e o menor eixo do objeto, o que corresponde também entre a razão entre uma esfera circunscrita à partícula e uma esfera inscrita à partícula. Pode ser calculado segundo a Equação 2.

$$A_l = \frac{a}{b} \quad (2)$$

em que, a é a maior dimensão da partícula, b é a menor dimensão da partícula. Caso o alongamento for igual a 1, a partícula é esférica ou quadrática, se maior que 1, a partícula se torna alongada.

A Esfericidade (ϕ) define a relação entre a área superficial da esfera de mesmo volume que a partícula, e a área superficial da partícula representado pela Equação 3. Em outras palavras, a esfericidade informa o quão o formato da partícula está longe de ser uma esfera. Quanto mais próximo de 1, mais a partícula se torna esférica ($0 < \phi \leq 1$).

$$\phi = \frac{S_e}{S_p} \quad (3)$$

em que S_p é área superficial da partícula, e S_e a área superficial da esfera de igual volume que a partícula. A esfericidade também pode ser calculada como a razão entre o diâmetro da menor esfera inscrita sobre o diâmetro da maior esfera circunscrita à partícula, que é o inverso do alongamento (A_l), quando se usa a técnica de imagens 2D (Cremasco, 2014).

2.1.2 Distribuição Granulométrica

A partir das dimensões das partículas, obtidas pela aferição de 30 partículas com o paquímetro, foi calculado o volume de cada partícula e assim, o diâmetro da esfera de mesmo volume que a partícula. A partir dessas medidas, a amostra foi particionada por tamanhos, a fim de obter a distribuição de frequência e a distribuição acumulativa (X) do tamanho das partículas. De posse dos dados experimentais, foram ajustados os modelos de distribuição granulométrica mais comuns da literatura: GGS, RRB e sigmoide (Cremasco, 2014).

2.1.3 Porosidade do leito empacotado

A porosidade de um leito empacotado é definida como a fração de espaços vazios não ocupados pelas partículas quando elas são adicionadas a um determinado recipiente. A porosidade é uma função do tamanho e da forma das partículas.

Conhecer a porosidade de leitos empacotados é fundamental para o estudo de todos equipamentos que envolvem escoamento em meios porosos (Santos et al., 2015). Para o cálculo da porosidade do leito empacotado (ε) das cascas de tangerina utilizou-se as seguintes relações a Equação 4:

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_p}{V_R} \quad (4)$$

em que V_p o volume realmente ocupado pelas partículas; V_R é o volume do leito empacotado.

2.1.4 Cálculo da densidade aparente

Considerando o volume da partícula como o delimitado por sua superfície, cortou-se um cubo de casca de tangerina e mediu-se suas dimensões. Para o cálculo da densidade aparente (ρ_a) da casca de tangerina, pesou-se a sua massa e com a Equação 5 sua densidade foi obtida.

$$\rho_a = \frac{m_c}{V_c} \quad (5)$$

em que m_c é a massa da partícula de casca de tangerina cortada e V_c é o volume da partícula.

2.2 Estudo da Cinética de secagem da casca de tangerina

Para a determinação da cinética de secagem da casca de tangerina foi utilizado um analisador de umidade infravermelho. Este equipamento consiste de uma lâmpada de radiação infravermelha com 250 a 500 Watts, do qual o filamento desenvolve a temperatura. Possui também uma balança que permite a leitura da porcentagem de umidade perdida.

Com o propósito de prever o tempo necessário para secagem total das cascas de tangerina e obter as curvas de secagem, foram realizados testes de cinética de secagem nas temperaturas, 60, 70, 90, 100 e 120 °C. Inicialmente, a porcentagem de umidade perdida foi registrada de 30 em 30 segundos nos 10 primeiros minutos, em seguida de 1 em 1 minuto e após de 5 em 5 minutos, até atingir a umidade de equilíbrio da casca de tangerina.

Para efeitos de comparação dos tempos de secagem, este procedimento foi realizado para cascas de tangerina *in natura* (IN) e cascas tratadas com solução alcoólica 50% (v/v), com 10 s de imersão (pré-tratamento 1 - PT1) e com 10 min de imersão (pré-tratamento 2 – PT2). Dessa forma, pode-se avaliar a influência do tratamento com álcool e o tempo de imersão sobre a taxa de secagem das cascas de tangerina (Tosato, 2012). A razão de umidade foi calculada pela Equação 6.

$$RU = \frac{X_{bsi} - X_e}{X_{bs0} - X_e} \quad (6)$$

em que, X_{bsi} é a umidade em base seca no instante (i), X_e é a umidade de equilíbrio e X_{bs0} é a umidade em base seca inicial (Santos et al., 2020a; Santos et al., 2020b).

Para a análise de dados, adotou-se a hipótese de equilíbrio dinâmico, isto é, no final do experimento quando não mais se registra a perda de umidade da amostra, considera-se que a umidade residual está próxima à umidade de equilíbrio, deste modo X_e foi considerada como sendo 90% da umidade final em base seca, em cada experimento. A taxa de secagem (N) foi calculada através da Equação 7, em que ΔRU corresponde a variação da razão de umidade em cada instante e Δt é a variação do tempo.

$$N = \frac{\Delta RU}{\Delta t} \quad (7)$$

A partir dos dados experimentais de secagem no analisador de umidade infravermelho, realizou-se ajustes empregando-se equações empíricas (Tabela 1) para representar a cinética de secagem da casca de tangerina.

Tabela 1: Modelos empíricos para ajuste de curvas de secagem.

Modelo	Equação (sendo $K = a \cdot \exp(-b/T_f)$)
Lewis	$RU = \exp[-Kt]$ (8)
Brooker	$RU = c \cdot \exp[-Kt]$ (9)
Henderson e Henderson	$RU = c \cdot \exp[-Kt] + 1/9 \exp(-9Kt)$ (10)
Page	$RU = \exp[-Kt^n]$ (11)
Overhults	$RU = \exp[-(\exp(a + b/T_f))t^n]$ (12)
Exponencial de dois termos	$RU = c \cdot \exp(-K \cdot t) + (1 - c) \exp(-K \cdot c \cdot t)$ (13)
Midili	$RU = c \cdot \exp(-K \cdot t^n) + b_1 \cdot t$ (14)
Logarítmico	$RU = c \cdot \exp(-K \cdot t) + d$ (15)

Fonte: (Souza et al., 2015).

A Tabela 1 mostra as equações empíricas de secagem mais empregada para alimentos na literatura e ajustadas neste trabalho (Souza et al., 2015; Gomes et al., 2020).

Os ajustes realizados neste trabalho foram realizados utilizando-se o software Statistica®. Foram calculados os parâmetros cinéticos de cada modelo por regressão não linear, e determinado o modelo que apresentou o maior coeficiente de correlação quadrático. A constante de secagem foi representada pelo parâmetro K nas equações.

2.3 Determinação da umidade em estufa

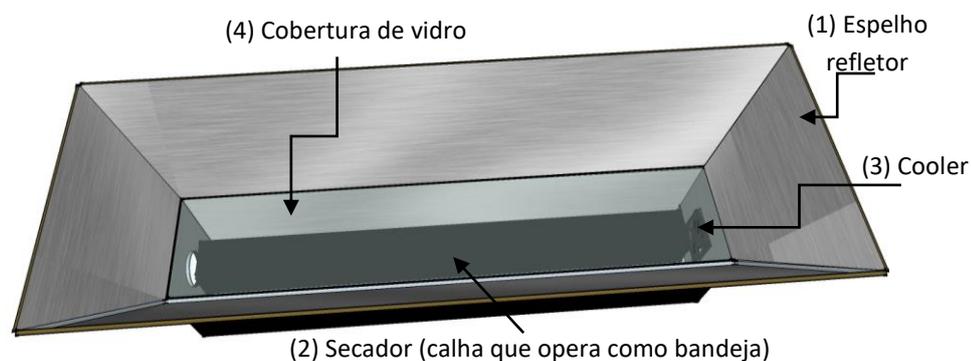
A umidade das amostras antes e após a secagem foi determinada pelo método gravimétrico em estufa regulada em aproximadamente a 105 °C por 24 horas (Santos et al, 2020c), ideal para a determinação da umidade final do sólido.

Após esse período, as amostras foram retiradas, colocadas em um dessecador durante aproximadamente 40 min e, posteriormente, pesadas em balança analítica

2.4 Unidade experimental de secagem solar

O equipamento de secagem solar utilizado foi construído por alunos do curso de Engenharia Química da UFTM na disciplina de Desenvolvimento de Processos Químicos e posteriormente modificado e adaptado por uma aluna em seu trabalho de conclusão de curso. Aproveitando o aparato e suas modificações testou-se a secagem solar de cascas de tangerina colocadas no forno solar. A Figura 2 mostra o secador e sua configuração.

Figura 2: Esquema do secador solar convectivo: (1) refletores, (2) calha/bandeja, que serve de suporte ao leito fixo; (3) cooler; (4) cobertura de vidro para criar efeito estufa.



O forno solar apresentado na Figura 2 foi construído com madeira MDF, nas dimensões de 1,5m x 0,3m x 0,3m, revestido com papel alumínio e com o fundo recoberto por placas de metal. O coletor solar foi construído com retalhos de espelhos e possui uma angulação de 60°. A coleta de ar para dentro do forno é feita através de um cooler da Marca Adda – Modelo: AD1212US-A71GL, com 6 W de potência e vazão de ar de 98,6 CFM. No interior do forno foi inserida uma calha, com dimensões de 1,45 m x 10 cm x 7,5 cm, devidamente higienizada e esterilizada com solução alcoólica 70% (v/v) e pintada com tinta spray preta a fim de conservar o calor no forno por mais tempo (material absorvedor do calor).

Duas configurações foram testadas: secagem em bandeja e com leito fixo. Na Configuração 1, a calha servia de bandeja, onde as partículas eram distribuídas em camada fina. Na Configuração 2, foi proposta a inserção de uma cesta confeccionada com tela metálica, a fim de empacotar as partículas e permitir a passagem do ar de secagem, compondo assim uma operação em leito fixo.

2.5. Experimentos de Secagem solar

Duas configurações foram testadas: secagem em bandeja e com leito fixo. Na Configuração 1 foram realizados quatro experimentos de secagem solar variando a massa de cascas de tangerina em 210 g e 310 g e a rotação do cooler em máxima e mínima. Na Configuração 2 foi executado um teste com massa constante de 410 g de material, que foi disposto na cesta perfurada, leito fixo. De 15 em 15 min, a amostra era retirada do forno para obtenção dos dados de perda de massa com o tempo, durante 6 h de experimento. A temperatura nas duas condições foi medida de 30 em 30 minutos com um multímetro. O equipamento foi sempre posicionado onde havia maior captação de raios solares.

A Tabela 2 apresenta os experimentos realizados no secador solar do tipo bandeja e no leito fixo.

Tabela 2: Experimentos de secagem solar.

Configuração	Experimento	Rotação	Massa
Secador do tipo bandeja	1	Baixa (-)	210 (-)
	2	Alta (+)	210 (-)
	3	Baixa (-)	310 (+)
	4	Alta(+)	310 (+)
Leito Fixo	5	Alta	420

Fonte: Do Autor (2020).

Observa-se na Tabela 2 que o teste em leito fixo (Configuração 2) foi feito apenas para a maior rotação do cooler, enquanto que para a Configuração 1 foi realizado um planejamento fatorial com dois fatores: efeito da rotação (alta (+) ou baixa (-)) e efeito da massa (310 g (+) e 210 g (-)).

2.6. Obtenção e caracterização da farinha da casca de tangerina

Após a secagem das cascas de tangerina no secador solar separou-se amostras para obter a farinha e assim analisa-la. Para obter a farinha da casca de tangerina seca, após secagem solar no equipamento apresentado, separou-se pequenas amostras e triturou-as com o auxílio de um *mixer*. As amostras foram analisadas no Instituto Federal do Triângulo Mineiro-Campus Uberlândia. Foram realizadas análises físico-químicas para determinação de teor de umidade, cinzas e proteínas, seguindo os procedimentos descritos no Manual de Métodos Físicos-químicos de Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (Instituto Adolfo Luz, 2008).

Para a análise da umidade da farinha empregou-se o método gravimétrico, por aquecimento em estufa a 105 °C e pesagem em balança analítica até peso constante. O teor de cinzas foi obtido por aquecimento a 550 °C em mufla e pesagem até peso constante. Já o teor de proteínas, adotou-se o método de Kjeldahl, que consiste de decomposição da matéria orgânica, seguida de destilação da amônia e titulação com ácido padrão.

3. Resultados

3.1. Caracterização da Partícula

As partículas apresentaram uma forma entre circular e angular ($C=1,13$), e um pequeno alongamento ($A_l=1,13$). O valor médio encontrado para a esfericidade foi de 0,887, uma vez que as partículas são paralelepípedos.

Os dados de diâmetro médio volumétrico foi de $D_v=0,816$ cm. O modelo que melhor se ajustou a distribuição de tamanho das amostras foi o modelo G.G.S. ($R^2=$ de 0,987), com parâmetros $K= 0,910$ [cm] e $m= 8,315$.

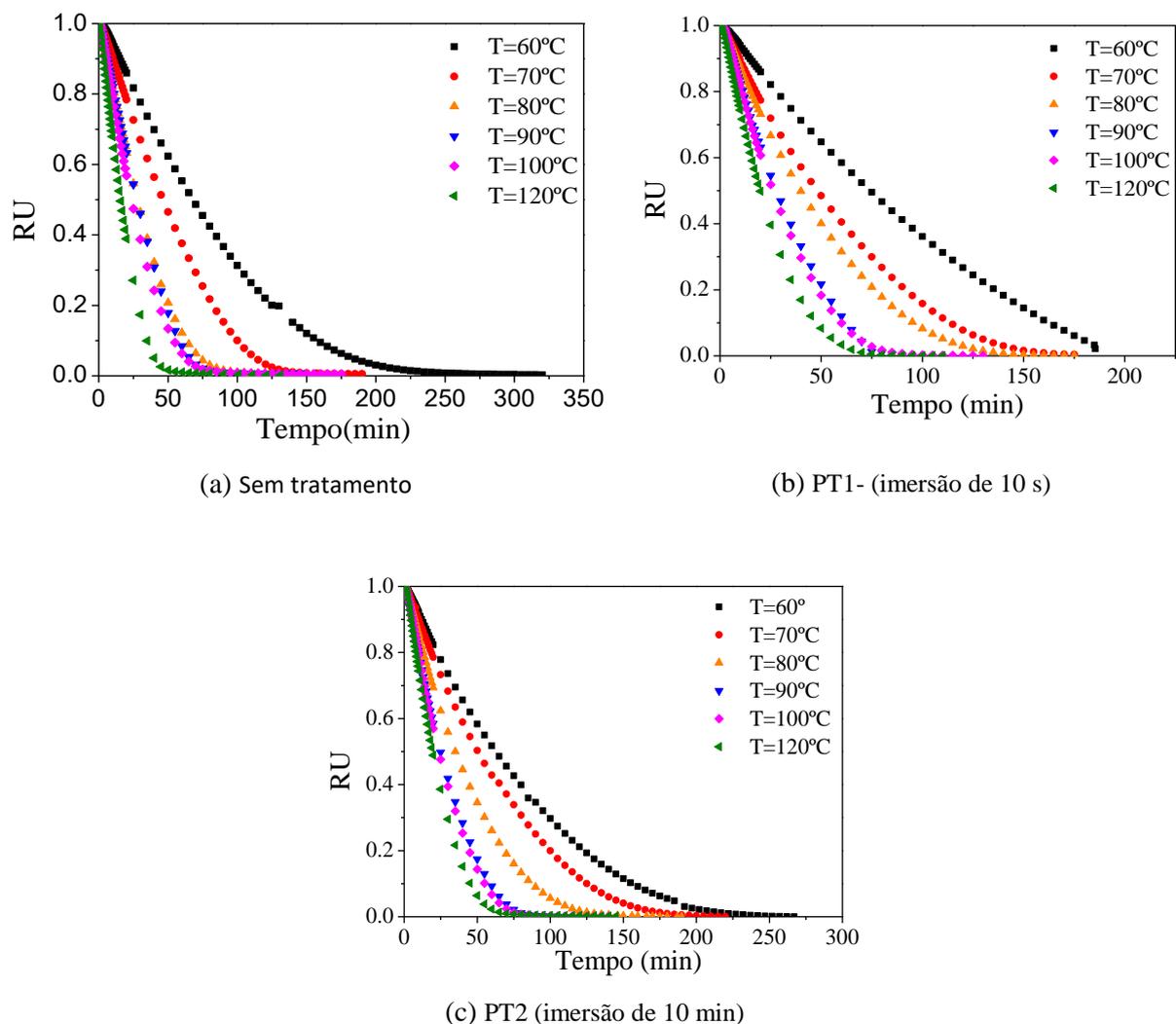
Com as dimensões do paralelepípedo medidas de 0,38 x 0,82 x 0,97 cm e sua massa média de 0,29 g, obteve-se uma densidade aparente de 0,959 g/cm³. O leito empacotado apresentou uma porosidade média de 0,51, ou seja, 51% do volume do leito é composto por vazios.

3.2. Avaliação da cinética de secagem

Nesta etapa do trabalho foi avaliada a perda de umidade durante a secagem das cascas *in natura* e após os pré-tratamentos com solução alcoólica, sendo obtidas assim as curvas de cinética de secagem. Dessa forma, fez-se o estudo da cinética de secagem analisando-se a influência da temperatura e do pré-tratamento com solução alcoólica (PT1 e PT2) sobre a taxa de secagem das cascas de tangerina e o tempo do processo.

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de secagem para as diferentes temperaturas, na forma de razão de umidade em função do tempo, em minutos, para a casca *in natura* (IN) e as cascas pré-tratadas com álcool, com tempos de imersão de 10 s (PT1) e 10 min (PT2).

Figura 3: Curvas de secagem das cascas de tangerina: (a) *in natura*; (b) com adição de solução alcoólica por 10 s; (c) com adição de solução alcóolica por 10 min.



Fonte: Do Autor (2020).

Observa-se claramente na Figura 3 que o tempo de secagem é dependente da temperatura. Para maiores temperaturas, um menor tempo é necessário para atingir a umidade de equilíbrio (Rigueto et al., 2020). Assim, quanto maior a temperatura, maior é a velocidade de secagem da casca de tangerina. Pode-se observar também, que as curvas apresentaram o mesmo comportamento para as diferentes temperaturas. As curvas mostram que a perda do teor de umidade é mais rápida no início da secagem, isso ocorre porque na superfície há mais água livre para ser removida.

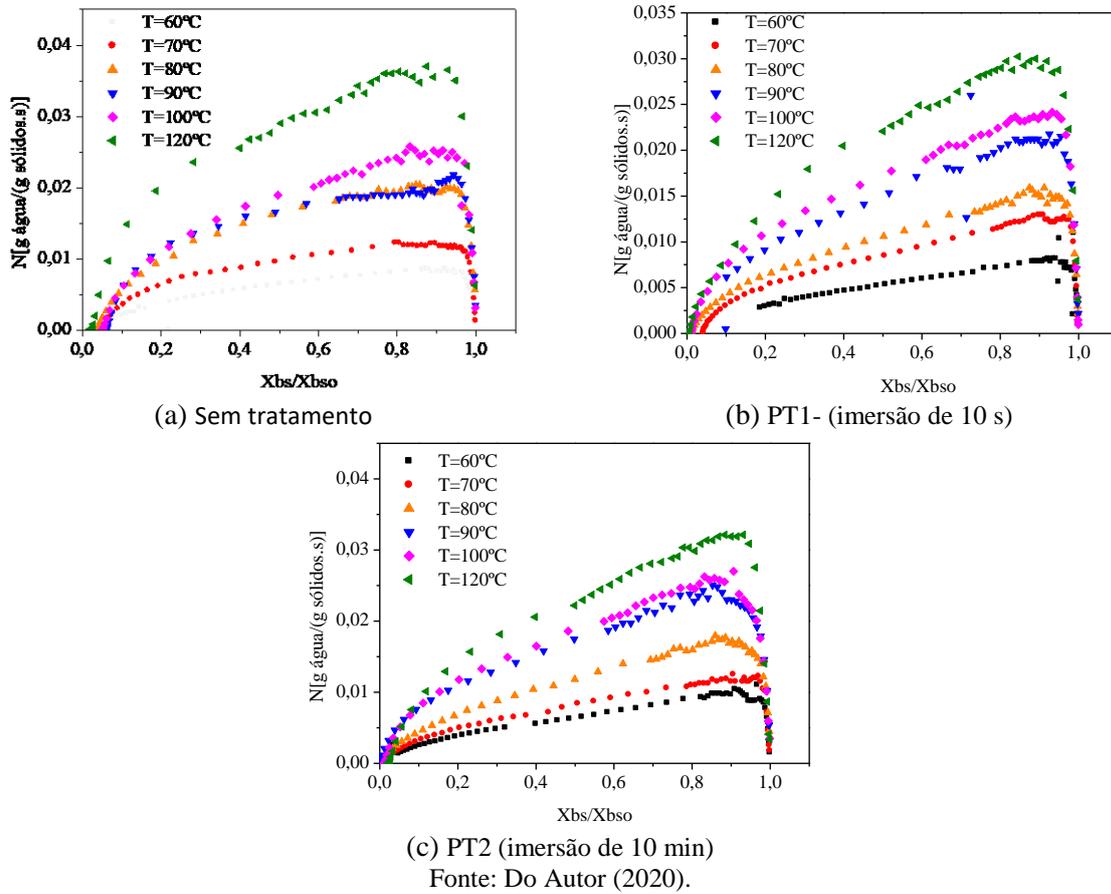
Comparando as três condições de cinética estudadas (Figura 3), observa-se que houve uma redução do tempo de secagem, para a maioria das temperaturas nas amostras PT1, imersas na solução alcoólica 50%(v/v) por 10 s.

O teor de umidade inicial das cascas de tangerina na condição PT2 foi maior devido o processo de imersão por longo tempo, o que ocasionou uma maior quantidade de etanol na superfície das amostras. A quantidade de etanol adicionada foi em média 4 g para 20 g de amostra. Nesta condição, observa-se uma pequena redução do tempo de secagem apenas para algumas temperaturas. Na temperatura de 60°C, a secagem durou aproximadamente 6 h, 3h e 4 h para secagem da casca *in natura*, com pré-tratamento por 10 s e com pré-tratamento por 10 min, respectivamente. Já na temperatura de 120°C não houve diminuição do tempo de secagem entre as três amostras, sendo que a secagem ocorreu aproximadamente em 2 h. Na temperatura de 80°C, tanto para a amostra PT1 quanto PT2, foi encontrado um comportamento atípico, em que o tempo de secagem com as amostras pré-tratadas com álcool foi maior em comparação com a amostra *in natura*.

Nos trabalhos realizados por Braga e Silva (2010) para abacaxi e Silva et al. (2012) para maçã, abacaxi e banana, também foram encontrados os menores tempo de secagem nos experimentos realizados com álcool. A aceleração do processo de secagem das cascas de tangerina com álcool presente na superfície pode ser devido ao efeito Marangoni, como sugerido por Silva et al. (2012) para abacaxi. Vale ressaltar que nos experimentos de secagem realizados por esses autores, o etanol foi adicionado por pincelamento, promovendo uma fina película de etanol sobre as amostras, diferentemente da metodologia de imersão em solução alcoólica (50%v/v) empregada no presente trabalho.

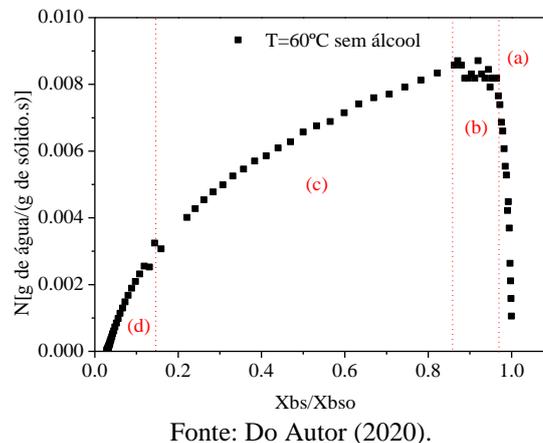
As taxas de secagem de secagem em função da razão entre a umidade no tempo i pela inicial, para cada experimento de cinética a amostra IN, PT1 e PT2, encontram-se na Figura 4.

Figura 4: Curvas da taxa de secagem (N) para as diferentes temperaturas: (a) Amostra IN; (b) amostra PT1; (c) amostra PT2.



Verifica-se na Figura 4 que as maiores taxas de secagem ocorreram nas maiores temperaturas, sendo maior no início da secagem. A Figura 5 explicita os estágios da secagem tomando como exemplo a secagem a 60 °C da casca in natura.

Figura 5: Períodos de secagem (T=60 °C): (a) aquecimento; (b) taxa constante; (c) taxa decrescente (difusão e convecção); (d) segundo período de taxa decrescente (difusão).



Pode-se observar na Figura 5 os quatro períodos do processo de secagem, em que no trecho (a) tem-se o período em que a casca de tangerina está sendo aquecida até uma temperatura constante.

Em seguida, no trecho (b) tem-se um curto período de taxa constante, no qual todo calor é transferido para a superfície da casca apenas por convecção. Esse curto período de taxa constante pode ter ocorrido devido à natureza da umidade, já que mesmo havendo umidade superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução, apresentando uma pressão de vapor inferior à da água pura, como o que ocorreu nos experimentos de Gouvea et. al. (2003).

No trecho (c), primeiro período de taxa decrescente inicia-se ao final do período constante, quando a casca de tangerina atinge a umidade crítica. Nesse período a velocidade de movimento do líquido para a superfície é menor que a velocidade com que a massa é transferida da superfície. Já o trecho (d) é a segunda fase decrescente, onde a difusão é o mecanismo predominante. O fim da secagem ocorre quando a pressão de vapor se iguala a pressão parcial de vapor do ar seco (Incropera & Dewitt, 2008).

Todos os períodos de secagem reportados na literatura foram observados durante a secagem da casca de mexerica. O período de taxa constante foi muito curto, predominando os períodos de taxa decrescente, onde a cinética é limitada pelos fenômenos de convecção e difusão.

3.2.1 Ajuste dos Modelos Cinéticos para a secagem das cascas de tangerina ponkan

A seleção do modelo que melhor prediz a cinética de secagem foi realizada considerando a significância e desvio padrão dos parâmetros e a magnitude do coeficiente de determinação (R^2). Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros de todos os modelos aplicados para cada condição de secagem.

Analisando os resultados da Tabela 3, os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais de perda de umidade da casca de tangerina ponkan, para as três condições empregadas, foram os modelos de Page e Overhults ($R^2=0,994$)

Gardusi et. al. (2013) avaliaram diversos modelos para representar a cinética de secagem da casca de ponkan nas temperaturas 60, 70, 80 e 90°C, sendo o modelo de Overhults o que melhor descreveu a cinética de secagem. Duzzioni et. al. (2013) encontraram este mesmo modelo representar a cinética de secagem de resíduos de acerola.

Tabela 3: Parâmetros dos ajustes da curva de secagem para diversas correlações.

MODELOS	IN		PT1 (10 s)		PT2 (10 min)				
	Parâmetros	R ²	Parâmetros	R ²	Parâmetros	R ²			
Lewis	a	68,337	0,979	a	33,206	0,978	a	26,584	0,983
	b	2850,812		b	2645,230		b	2539,133	
Brooker	c	1,071	0,986	c	1,062	0,986	c	1,059	0,989
	a	84,861		a	39,879		a	31,842	
	b	2891,334		b	2676,885		b	2572,128	
Henderson e Henderson	c	1,009	0,979	c	0,999	0,978	c	0,998	0,983
	a	67,701		a	31,387		a	24,987	
	b	2835,706		b	2618,132		b	2511,104	
Page	a	738,885	0,993	a	205,236	0,994	a	133,001	0,994
	b	4139,217		b	3699,889		b	3462,978	
	n	1,339		n	1,302		n	1,263	
Overhults	a	4,93	0,993	a	4,09	0,994	a	3,87	0,994
	b	-3091,78		b	-2841,10		b	-2741,43	
	n	1,34		n	1,30		n	1,26	
Exponencial de dois termos	c	1,873	0,993	c	1,842	0,993	c	1,811	0,994
	a	194,017		a	85,492		a	67,924	
	b	3064,949		b	2830,259		b	2732,048	
Midilli	c	0,77	0,656	c	0,88	0,790	c	0,81	0,733
	a	11,30		a	12,60		a	10,05	
	b	51595,73		b	53760,64		b	46148,24	
	n	18,53		n	13,04		n	16,57	
	d	-0,00		d	-0,01		d	-0,01	
Logarítmico	c	1,11	0,989	c	1,150	0,991	c	1,105	0,992
	a	89,219		a	32,550		a	32,596	
	b	2950,951		b	2679,547		b	2629,314	
	d	-0,051		d	-0,106		d	-0,060	

Fonte: Do Autor (2020).

Nos experimentos de secagem utilizando sílica-gel de Souza (2013), em temperaturas variando de 40 a 80°C, as equações de Overhults e Page também apresentaram os mesmos valores de correlação quadráticas. Entretanto, Overhults foi considerada a melhor equação em que se pode garantir a validade das inferências estatísticas dos estimadores de mínimos quadrados. Uma vez que foram encontrados vários estudos na literatura em que o modelo de Overhults se mostrou de melhor ajuste dos dados experimentais, escolheu-se este modelo como o mais adequado para descrever a cinética de secagem das cascas de tangerina avaliadas neste trabalho.

3.3. Secagem no Secador Solar do Tipo Bandeja – Configuração 1

Os resultados obtidos na secagem da casca de tangerina usando o secador solar com bandeja são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Dados experimentais para as condições avaliadas.

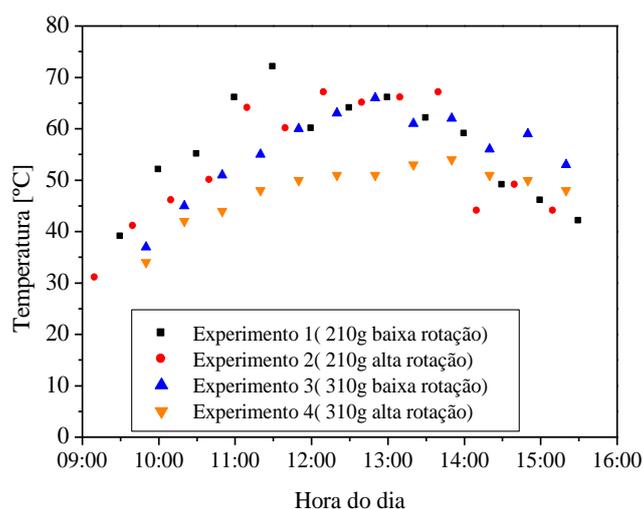
Experimento	Fatores		Respostas				
	Massa (g)	Rotação	X_{bu0}	X_{buf}	X_{bs0}	X_{bsf}	Eficiência %
1	210	Baixa	0,6980	0,0252	2,3115	0,0259	96,38
2	210	Alta	0,7481	0,0382	2,9698	0,0397	94,89
3	310	Baixa	0,7455	0,0906	2,9292	0,0996	87,85
4	310	Alta	0,6877	0,0365	2,2022	0,0379	94,69

Fonte: Do Autor (2020).

Pode-se observar na Tabela 3 que todos os testes realizados obtiveram resultados bastante expressivos e similares, removendo mais de 87% da umidade inicial do material, sendo a eficiência média de secagem de 93,45%.

A Figura 6 apresenta as variações de temperatura com o passar do tempo para cada experimento. Uma vez que a temperatura da secagem é dependente das condições climáticas, não é possível controlar seu valor neste tipo de experimento.

Figura 6: Variações de temperatura com o passar do tempo nas diferentes condições experimentais.



Fonte: Do Autor (2020).

Na Figura 6 observa-se que os maiores picos de temperatura (até 74 °C) ocorreram por volta de 12:00 e 13:00 horas, momento este em que os raios solares incidem diretamente

sobre o coletor. Observa-se que alguns experimentos tiveram maiores temperaturas que outros, isso porque os experimentos foram realizados em dias diferentes e consequentemente, condições climáticas diferentes, ou seja, experimentos realizados em dias mais quentes, com incidência maior de raios solares obtiveram maiores temperaturas.

Neste caso, a repetição dos experimentos em condições climáticas é indicada, uma vez que foram realizados no verão, período de muita incidência solar, e alto índice pluviométrico, o que torna mais difícil a realização de muitos experimentos nas mesmas condições. No entanto, se não houverem condições de radiação solar e umidade relativa do ar similares pode não ser possíveis obter réplicas com baixos erros experimentais.

Em geral, esperava-se que maiores rotações de cooler, ou seja, maiores velocidades do ar de secagem favorecessem o aumento da eficiência de secagem e que maiores massas de material no equipamento diminuíssem a eficiência de secagem. Infelizmente, devido à pequenas variações nas condições climáticas, a temperatura do experimento 4 foi inferior às demais, inviabilizando a análise dos efeitos das variáveis, uma vez que a temperatura influencia a secagem e não se tem o controle da mesma. É importante salientar que todas as condições testadas levaram a um material com baixa umidade final, possibilitando a fabricação da farinha da casca de tangerina.

3.4. Secagem no Secador Solar em Leito Fixo – Configuração 2

Nesta configuração, as cascas de tangerina foram colocadas em um leito fixo (Figura 7) permanecendo estáticas enquanto o ar de secagem é forçado a passar através do espaço intersticial da massa das cascas de tangerina.

Figura 7: Leito fixo com cascas de tangerina: (a) início; (b) após a secagem.

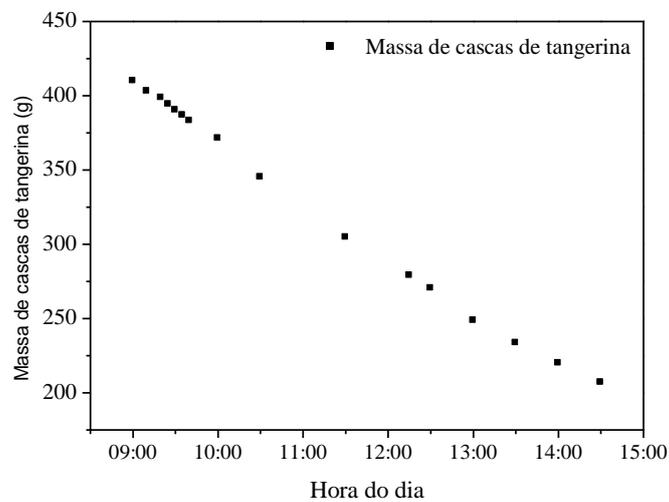


Fonte: Do Autor (2020).

Observa-se na Figura 7 que ao término do experimento a secagem não ocorreu de forma uniforme no leito fixo, pois as cascas que se encontraram nas laterais do mesmo secaram mais que as cascas no meio do leito. Isso pode ter ocorrido porque as cascas das laterais tiveram contato direto com a parede da bandeja sofrendo perda de umidade por condução de calor e também por convecção do ar proveniente do cooler. À medida em que a amostra seca e sofre o encolhimento, o leito vai se empacotando diminuindo a área ocupada pelas cascas, o ar pode passar facilmente.

A Figura 8 mostra a perda de massa da casca de tangerina no leito fixo.

Figura 8: Perda de massa com o tempo no experimento 5, em leito fixo.



Fonte: Do Autor (2020).

Verifica-se na Figura 8 que ao final das 6 h de secagem, nem toda umidade havia sido retirada e somente 47% da umidade inicial foi removida. Apesar desta configuração não se mostrar satisfatória nas condições empregadas já que o material ficou muito heterogêneo, a secagem ocorreu e este equipamento pode ser uma boa alternativa, desde que se trabalhe com maiores vazões de alimentação de ar de secagem e dias com alta incidência de radiação solar.

3.5. Avaliação da Farinha da Casca de Tangerina

Após a secagem na Configuração 1, as amostras de casca secas foram trituradas e peneiradas, a fim de compor a farinha da casca da fruta. A Figura 9 apresenta a imagem das farinhas obtidas.

Figura 9: Amostras de farinha de casca de tangerina dos experimentos 1 a 4, respectivamente.



Fonte: Do Autor (2020).

Verifica-se na Figura 9 que o aspecto das farinhas é similar e que só diferenciam na cor devido a cor inicial das cascas. Não foi observado visualmente um escurecimento significativo da casca, que também mantiveram um odor característico da casca da fruta.

A Tabela 3 mostra os teores de umidade, cinzas, proteínas, fibra e lipídeos das farinhas obtidas nos experimentos de 1 a 4.

Tabela 5: Análise de umidade, teor de cinzas e proteínas das farinhas de casca de tangerina.

Experimento	Umidade	Cinzas	Proteínas	Fibras
1	11,042 ±0,894	5,540 ±2,209	0,991 ±0,039	60,654 ±1,645
2	10,997 ±0,530	2,644 ±0,087	1,068 ±0,058	57,493 ±3,606
3	10,482 ±0,025	6,209 ±0,387	1,449 ±0,061	61,120 ±5,263
4	10,460 ±0,664	3,045 ±1,379	1,221 ±0,552	56,748 ±2,408

Fonte: Do Autor (2020).

Observa-se na Tabela 5 que a umidade da farinha foi cerca de 10%, o teor de cinza variou entre 2,6 e 6,2%, a percentagem de proteínas na amostra foi baixa, entre 0,99 e 1,45%, a percentagem de fibras cerca de 60% e não apresentou lipídeos em sua composição. O restante da análise centesimal é composto por carboidratos, lipídeos e fibras, indicando que a farinha é uma rica fonte desses componentes. No entanto, análises mais específicas, como de cromatografia líquida dos extratos das cascas devem ser realizadas para a completa indicação da farinha como suplemento alimentar.

4. Considerações Finais

O tempo de secagem é altamente dependente da temperatura de operação como foi observado nas curvas de secagem, assim como sua influência na taxa de secagem. Quanto maior é a temperatura menor é o tempo gasto para a desidratação da casca de tangerina,

porém, temperaturas muito elevadas não são desejáveis, uma vez que podem alterar algumas substâncias presentes no material. Para o material estudado, o modelo de Overhults foi o que melhor representou a cinética de secagem.

Quanto a secagem solar, a configuração do equipamento, se mostrou eficiente na secagem das cascas de tangerina e todas as condições testadas apresentaram bons resultados quanto à umidade final das cascas apresentando uma eficiência de secagem média de 93,45%. Entretanto, quanto a melhor rotação do cooler e variação da massa não se pode dizer qual a condição foi melhor, uma vez que variando as mesmas não se obteve mudanças significativas quanto a umidade final do produto. Portanto, não é possível dizer qual a melhor condição operacional, no entanto, a secagem por um secador solar convectivo é um método eficaz na desidratação da casca de tangerina e conservação da mesma, auxiliando assim no aproveitamento deste resíduo.

Por fim, pode-se dizer que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que conseguiu-se promover a secagem das cascas de tangerina utilizando um secador solar convectivo com boa eficiência, obtendo-se a farinha da casca de tangerina com cerca de 60% de fibras.

Como sugestão para trabalhos futuros propõem-se:

- Secagem das cascas de tangerina tratada com solução alcoólica no secador solar;
- Realização de um maior número de testes a fim de obter uma condição ótima de operação;
- Realização de análises físico-químicas mais detalhadas do produto final;
- Utilização de células fotovoltaicas para alimentação do Cooler, a fim de tornar o sistema dependente apenas da energia solar e um sistema de controle automático da temperatura;
- Mudança na angulação do coletor solar para a captação de mais raios solares;
- Adaptação de um cooler maior, para aumentar a vazão de ar dentro do secador, permitindo a realização de experimentos em leito fixo.

Referências

Araújo, V. P. & Vasconcelos, A.K.P. (2019). Construction of a Solar Distiller as an Alternative for the Development of Practical Classes in Teaching Chemistry. *Research,*

Society and Development, 8(7), e17871115.

Braga, A.M.P. & Silva, M.A. (2010). Effect of ethanol on drying kinetics and on the quality of pineapple slices. In: *Proceedings of 17th International Drying Symposium*, Magdeburg: Dechema, 1492-1497.

Coelho, K. D. (2010). *Secagem de tomate (lycorpesiconesculentummill) em camada delgada: avaliação das características físico-químicas*. Dissertação (mestrado), Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

Cremaço, M. A. (2014). *Operações Unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos*. 2 ed. São Paulo: Blucher.

Duzzioni, A. G., Lenton, V. M., Silva, D. I. S. & Barrozo, M. A. S. (2013). Effect of drying kinetics on main bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) residue. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(5), 1041-1047.

Fonseca, J.P.S.M., Ferrari, E.M.M. & Cardose, R.B. (2018). Analysis of the energy and economic impacts of the Brazilian energy labeling program (PBE/Inmetro) on solar thermal collectors in Brazil. *Research, Society and Development*, 7(1), 1-17, e1071180.

Gardusi, F., Mendes, L.G., Nogueira, G.D.R., Silva, D.I.S. & Barrozo, M.A.S. (2014). Secagem da casca da mexerica por irradiação infravermelha e comparação dos compostos bioativos desta *in natura* e após a secagem. *Anais do X Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Rio de Janeiro: Blucher Chemical Engineering Proceedings*, v. 1, 423-427.

Gomes, A.E.M, Albuquerque, A.P., Rodrigues, T.J.A., Wanderley, D.M.A., Rocha, A.P.T. & Silva, O.S. (2020). Prediction of kinetic models for drying lemon balm leaves in a convective dryer. *Research, Society and Development*, 9(2), e86922052.

Gouveia, J.P.G., Almeida, F.A.C., Farias, E.S., Silva, M.M., Chaves, M.C.V. & Reis, L.S. (2003). Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. especial (1), 65-68, 2003.

Incropera, F.P. & Dewitt, D.P. *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa*. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

Instituto Adolfo Lutz (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4ª Ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020.

Melo, A.V. (2009). *Projeto, construção e análise de desempenho de um forno solar alternativo tipo caixa a baixo custo*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 5 abril 2020.

Petrungaro, B. (2015). Benefícios da Tangerina. Acesso em 30 nov. 2015. Disponível em: www.nutricaoopraticaesaudavel.com.br/index.php/saude-bem-estar/conheca-os-beneficios-da-tangerina/.

Rigueto, C.V.T., Nazari, M.T., Evaristo, L.M., Rossetto, M., Dettmer, A., Geraldi, C.A.Q. & Piccin, J.S. (2020). Influence of foam-mat drying temperature of red jambo (*Syzygium malaccense*). *Research, Society and Development*, 9(3), e40932382.

Santos, C. J. R. (2009). *Secagem de sementes de girassol via radiação infravermelho e convecção forçada de ar aquecido*. Dissertação (mestrado), Pós-graduação em Engenharia de Processos. Universidade Tiradentes. Aracaju.

Santos, K.G. , Francisquetti, M.C.C. . Malagoni R.A &. Barrozo M.A.S (2015). Fluid Dynamic Behavior in a Spouted Bed with Binary Mixtures Differing in Size. *Drying Technology*, 33(14), 1746-1757.

Santos, N.C., Leite, D.D.F., Câmara, G.B., Barros, S.L. & Santos, F.S. (2020a). Mathematical modeling of drying kinetics of grapefruit peels (*Citrus paradisi Macf.*). *Research, Society and Development*, 9(1), e61911609.

Santos, N.C., Almeida, L.R.J., Pereira, T.S., Queiroga, A.P.R., Silva, V.M.A., Amaral, D.S., Almeida, R.D., Ribeiro, V.H.A., Barros, E.R. & Silva, L.R.I. (2020b) Mathematical modeling applied to the drying kinetics of pitomba bark (*Talisia esculenta*). *Research, Society and Development*, 9(2), e46921986.

Santos, N.C., Almeida, L.R.J., Silva, L.R.I., Muniz, C.E.S., Pereira, T.S., Ribeiro, V.H.A., Moreira, F.I.N., Pinheiro, W.S. & Eduardo, R.S. (2020c). Determination of kinetic parameters during the pineapple peel drying process. *Research, Society and Development*, 9(4), e06942794.

Silva, I. G. (2010). *Viabilidade técnica e econômica de secadores solar e elétrico na desidratação de bananas no estado do acre*. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.

Silva, L.R.C.; Ribeiro, M.B.M.; Oliveira, A.D.; Silva, C.S.; Faria, E.V. & Santos, K.G. (2019). Destilação solar do solvente etanol proveniente da extração de óleo de coco. *Brazilian Journal of Development*, 5, 28964-28982.

Silva, M.A., Braga, A. M. P. & Santos, P.H.S. (2012). Enhancement of fruit drying: the ethanol effect. In: *Proceedings of 18th International Drying Symposium*, Xiamen, China.

Silva, S.T. & Sousa, N.G. (2020). Auxiliary solar heating system: simulation and control. *Research, Society and Development*, 9(3), e188932730.

Souza, G. F. M.V. (2013). *Secagem de sementes de soja em leito fixo: equilíbrio e cinética da sílica gel para controle de umidade, modelagem do processo e análise da qualidade das sementes*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Souza, G.F.M.V., Miranda, R.F., Lobato, F.S. & Barrozo, M.A.S. (2015). Simultaneous heat and mass transfer in a fixed bed dryer. *Appl. Therm. Eng.*, 90, 38–44.

Stoppe, A.C.R., Vieira Neto, J.L. & Santos, K.G. (2020). Development of a fixed bed solar dryer: experimental study and CFD simulations. *Research, Society and Development*, 9(3), e123932667.

Tavares, F. P., Silvério, B. C., Vieira Neto, J. L. & Santos, K. G. (2019). Extração sustentável de óleo de pinhão manso com solvente aquecido por radiação solar. *Brazilian Journal of Development*, 5, 28909-28925.

Tavares, S.R. & Sousa, N. G. (2019). Sistema de aquecimento solar de água: simulação e análise. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação*, 4(1), 15-31.

Terra, S.D.V., Goulart, B.V., Fagundes, P.M.L.L., Nadaleti, D.H.S. & Kondo, M.M. (2020). Photodegradation of dipyrone by heterogeneous catalysis using TiO₂/UV. *Research, Society and Development*, 9(1), e73911646.

Tosato, P. G. (2012). *Influência do etanol na secagem de maçã fuji*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, MG.

Venturin, A.C.Z. & Silva, L.C. (2019). Modeling and simulation of paddy drying: a bibliometric analysis. *Research, Society and Development*, 8(1), e4881658.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Letícia Helena da Silva Bontempo – 50%

Letícia Vieira Castejon – 10%

Kássia Graciele dos Santos – 40%