



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



EVENTO
ON-LINE

02 a 04
de dezembro 2020

Secagem solar de tomate Carmem: análise de curvas de secagem para diferentes padrões de corte

Ana Carolina Cavalcante Tavares
Elí Wilfredo Zavaleta-Aguilar

Engenharia de Produção - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus Experimental de Itapeva

Resumo: Este trabalho consiste na avaliação das curvas de secagem do tomate Carmem nos formatos: inteiro, gomos de 1/2 e 1/4 e fatias de 1 cm de espessura. As temperaturas no tomate durante a secagem solar variaram ao longo do dia, e esta variação influencia diretamente o tempo necessário para secagem do produto. Além disso será avaliado de forma experimental a umidade inicial do tomate, utilizando dados obtidos pela secagem de tomate Carmem em gomos de 1/2 com auxílio do micro-ondas. A secagem com micro-ondas permite determinar a massa final quando o produto atinge o equilíbrio, e com esta relação é possível estimar o equilíbrio de outras geometrias com massas distintas.

Palavras-chave: Curva de secagem, desidratação solar, tomate.

Solar drying of Carmen tomato: analysis of drying curves for different cutting patterns

Abstract: This work consists of the evaluation of the drying curves of the Carmem tomato in the formats: whole, segments of 1/2 and 1/4 and slices of 1 cm thick. Tomato temperatures during solar drying varied throughout the day, and this variation directly influences the time needed for drying the product. In addition, the initial moisture of the tomato will be evaluated experimentally, using data obtained by drying Carmem tomatoes in 1/2 buds with the aid of the microwave. Microwave drying allows to determine the final mass when the product reaches equilibrium, and with this relationship it is possible to estimate the balance of other geometries with different masses.

Keywords: Drying curve, solar dhydration, tomato.

1. Introdução

O consumo de energia no mundo está em contínuo aumento, sendo suas principais fontes de geração os combustíveis fósseis, as quais poluem o ambiente e podem provocar doenças respiratórias. Desta forma, surgiu-se a necessidade do uso de fontes de energéticas alternativas e renováveis, como a energia solar, que pode ser aproveitada na forma térmica. Uma aplicação é a desidratação ou secagem, sendo um dos métodos mais antigos de conservação de alimentos. A secagem é um processo físico que consiste na

eliminação de água do material, mediante a transferência de água do produto até sua superfície e desta ao ambiente. Pode haver transferência simultânea de calor e massa quando calor é transferido ao produto, seja por radiação solar ou por convecção de ar aquecido. Segundo BEZERRA (2007) e ASMUS et al. (2011), os primeiros processos de secagem surgiram ao se expor a carne ao sol, desenvolvendo na mesma uma camada externa seca, impedindo a penetração de microrganismos e permitindo a conservação da parte interna por mais tempo, depois, em 1795 surgiria o primeiro método artificial de secagem de frutas e vegetais na França, entretanto, esse tipo de desidratação só passou a ser aplicada de forma significativa na primeira Guerra Mundial. A secagem pode acontecer em convecção natural (secador passivo) ou forçada (secador ativo ou artificiais), sendo que na primeira se utiliza as condições meteorológicas para realização do processo, já na segunda os secadores são mais complexos e podem utilizar outros mecanismos de funcionamento. A Tabela 1 indica tipos de secadores usados atualmente. Embora a secagem ao ar livre seja secagem solar, ela foi separada pelo fato de não possuir estrutura específica de secagem.

Tabela 1 – Tipos de secadores.

Classificação do Secador	Subgrupo	Produtos Recomendados
Secador ao ar livre		Madeira, café, milho, arroz e feijão
Secador Solar	Secador Indireto	Ervas e hortaliças
	Secador Direto	Frutas e cacau
	Secador Misto	Frutas
Secagem Artificial	Silos de Secagem	Grãos com produção sazonal, como arroz
	Leito Fixo	Milho em espiga, café, feijão em rama e raspa da mandioca
	Tipo Cascata	Soja, milho, trigo, triticale, sorgo e feijão
	De Bandejas	Produtos finamente divididos ou em pedaços menores
	Tipo Túnel	Cerâmicas vermelhas, como telhas e tijolos
	Spray Drying	Queijos e derivados, café, condimentos e caldos preparados
	Freeze Drying	Produtos nobres que necessitam de reidratação rápida
	Rotativo	Café, arroz, pastas, farinha de peixe, biomassa e pimenta
Tipo Ciclone	Biomassa	

Fonte: Adaptado de Rezende et al. (2010); Silva, Afonso, Donzelles (2018); Silva (2005); Lima (2019); Perazzini (2011); Rosa, Tsukada, Freitas (2006); Dias (2013); Lehmkuhl (2004); Farias (2006); Aragão (2007); Oliveira et al. (2012); Almeida (2020).

Os secadores solares têm as vantagens de não consumir (ou consumir reduzida) energia elétrica e serem mais baratos que os artificiais, assim, são acessíveis aos pequenos e médios produtores, requerem uma simples e básica manutenção, além de gerar uma contaminação ambiental mínima ou até nula, dependendo do modelo utilizado (MACHADO et al., 2010; GARITA; ROQUE; FOGLIA, 2008). Como desvantagens eles dependem das condições ambientais, não havendo, em princípio, regulagem de temperatura de secagem. Como indicado na Tabela 1, existem três tipos de secadores solares. O secador solar indireto possui um coletor solar aparte que absorve a radiação aquecendo o ar que posteriormente aquece os materiais úmidos. No direto, a radiação é absorvida diretamente pelos materiais úmidos provocando sua secagem, pode haver um absorvedor metálico internamente ao secador onde o ar é aquecido. O secador misto é uma combinação dos anteriores.

Por outro lado, o tomate (*Lycopersicon esculentum*) é fonte de vitaminas A, C, folato e potássio, licopeno, beta-caroteno, gama-caroteno e fitoeno, sendo que os últimos possuem propriedades antioxidantes, entre outros nutrientes (Beecher, 1998). Brasil ocupa a décima

posição mundial na produção de tomates e em 2019 produziu 4110242 ton (FAO, 2020). A região de Itapeva-SP produz a maior parcela de tomates do estado de São Paulo e uma das maiores do Brasil. Devido às mudanças do clima, malformação do fruto e pragas, muitas vezes parte do cultivo é descartado. Esses resíduos possuem características nutricionais favoráveis e que após o processo de secagem poderiam ser incorporados em produtos processados, como bolos, biscoitos, pão, iogurtes, sorvetes entre outros. Estima-se que o mercado global de produtos desidratados deve crescer em torno de 6% entre 2018 e 2022 (TECHNAVIO (2019)). Akanbi, Adeymi, Ojo (2006) citam que o método mais popular de secagem de tomate é a secagem artificial, através do secador de bandejas, devido a sua simplicidade. Todavia, no Brasil esse tipo de secagem é pouco usado, pois nem todas as empresas tem acesso à esta tecnologia. O tomate seco produzido no país é realizado em sua maioria por pequenas empresas, que realizam a secagem no sol, em panelas, no forno a lenha ou até no micro-ondas (PEREDA, 2020)

O presente trabalho tem por objetivo avaliar as curvas de secagem solar do tomate em quatro configurações geométricas, sendo elas: tomate inteiro, gomo de 1/2, gomo de 1/4 e fatias de 1 cm de espessura, o conhecimento das curvas permitirão comparar o tempo necessário de secagem nas quatro geometrias.

2. Materiais e Métodos

2.1. Umidade do material

A quantidade de água no material varia desde a parte interna (maior quantidade) até a camada externa. A umidade relaciona a quantidade de água com a massa do material e pode ser expressa em base úmida (U_{bu}) ou em base seca (U_{bs}).

$$U_{bu} = \frac{m_a}{m_a + m_s} = \frac{m_a}{M} \quad (1)$$

$$U_{bs} = \frac{m_a}{m_s} \quad (2)$$

Em que, m_a é a massa de água, m_s é a massa seca e M é a soma das da massa de água e seca do material. A umidade, de forma geral, depende da posição em que é analisada no material e do tempo. Porém, é possível avaliar uma umidade média para todo o material. A massa seca será obtida usando o micro-ondas (MALAJOVICH, 2020). As massas das amostras do experimento serão medidas usando a balança Wellmix com capacidade de até 10 kilos, com graduação de 1 grama. O processo de secagem no micro-ondas é dividido em duas etapas. Na etapa inicial o produto é aquecido de 3 a 5 minutos com o equipamento em potência máxima. Após esse período a massa do tomate é medida. Em seguida, se inicia a segunda etapa, onde o produto novamente será submetido à aquecimento, mas dessa vez somente por um minuto. Finalizado essa etapa mede-se novamente a massa da amostra. Se a massa diminuir, deve-se repetir a última etapa até que a massa permaneça constante. Neste processo é importante medir a massa inicial total e a massa final que seria a massa seca m_s de onde pode ser avaliada a umidade inicial, em base seca ou úmida. A estimativa de massa final do produto pode ser obtida em função da massa inicial, da umidade inicial U_o , e da final (U_f) desejada, ambas em base úmida, como indicado na Equação (3).

$$M_f = \frac{M_o (1 - U_o)}{(1 - U_f)} \quad (3)$$

2.2. Umidade de equilíbrio

A camada externa de um material úmido entra em equilíbrio com o ambiente externo quando exposto a ele. A umidade de equilíbrio dessa camada externa é menor que a umidade do material, assim, a força que promove a migração de água do interior do material até a sua superfície é justamente essa diferença de concentração. A umidade de equilíbrio depende da umidade relativa do ar e da temperatura do material (FERREIRA, 2003). Segundo IGUAZ; VÍRSEDA (2007) uma relação adequada para a umidade de equilíbrio em base seca para rejeitos vegetais e frutas é a equação de Hasley modificado indicada na Equação (1).

$$U_{EQ} = \left(-\frac{\exp(A + B \cdot T)}{\ln A_w} \right)^{\frac{1}{C}} \quad (4)$$

Em que $A = 2,452$, $B = -0,008$, $C = 1,935$, T é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e A_w é a atividade da água que é definida como a relação entre o teor de água livre no alimento e sua conservação, uma vez que quanto maior a atividade de água mais suscetível ao desenvolvimento de microrganismos, reações químicas e enzimáticas, a qual, na condição de equilíbrio é definida em função da umidade relativa do ar UR (%), segundo a Equação (2) (ARAGÃO, 2007; CUNHA, 2016).

$$A_w = \frac{UR}{100} \quad (5)$$

O valor máximo para a atividade de água é 1 quando se tem somente água pura, mas a grande maioria das bactérias conseguem crescer com uma atividade de água em torno de 0,85, bolor e levedura a 0,61 e fungos com 0,70 ou até menos (ALONSO, 2001; BELESSIOTIS, DELYANNIS, 2011).

2.3. Coeficiente de difusão

Conhecido também como difusividade (D_{AB}), é o parâmetro que indica a facilidade com que o componente A se difunde no material B. Alguns valores experimentais para a difusividade de água no tomate são indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente de difusão da água no tomate

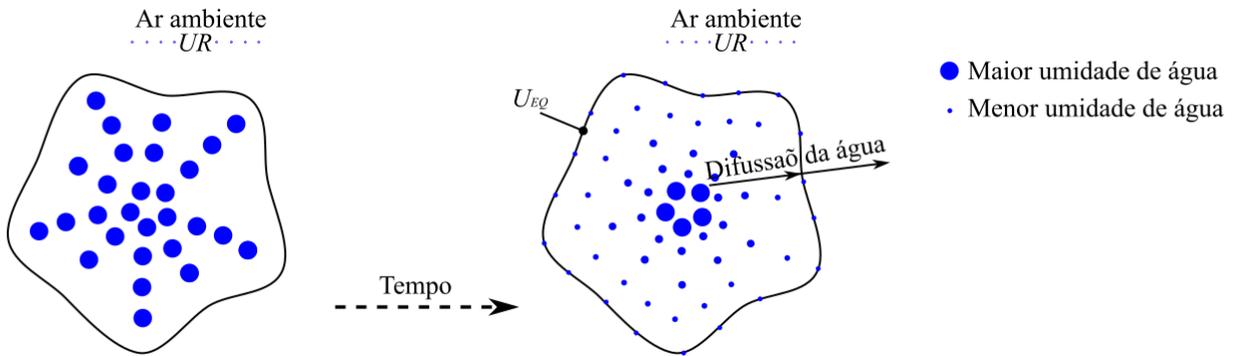
Geometria	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	D_{AB} (m^2/s)	Autor
Fatias de 1cm	70	$5,55 \times 10^{-9}$	SANTOS et al. (2015)
Fatias de 1 cm	40	$0,93 \times 10^{-9}$	DURIGON et al. (2013)
Fatias de 1 cm	50	$1,28 \times 10^{-9}$	DURIGON et al. (2013)
Fatias de 1 cm	60	$1,83 \times 10^{-9}$	DURIGON et al. (2013)
Gomos de $\frac{1}{4}$	40	$2,75 \times 10^{-9}$	DURIGON et al. (2013)
Gomos de $\frac{1}{4}$	50	$3,80 \times 10^{-9}$	DURIGON et al. (2013)
Gomos de $\frac{1}{4}$	60	$5,92 \times 10^{-9}$	DURIGON et al. (2013)

2.4. Cinética de secagem

A Figura 1 indica como acontece a secagem de um material. Inicialmente, toda a massa deste possui a mesma concentração de água por unidade de volume ou massa. Como o Ar ambiente possui concentração menor, acontece a transferência de água do material até a superfície externa e depois até o ar ambiente. Supõe-se que não há resistência à transferência de massa na interface material – ar ambiente. No material a transferência de massa é regida pela Segunda Lei de Fick, que expressada em termos de umidade em base seca é indicada na Equação (6) (Souza, 2012). Nessa equação, a umidade depende da posição e do tempo em que é avaliada.

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{AB} \nabla U) \quad (6)$$

Figura 1 – Esquema do transporte de água no material.



Fonte: Próprio autor (2020)

Sob condições de regime transitório, coordenadas retangulares (no caso de tomate em fatias com espessura $2L_c$), secagem é unidirecional e desprezando interdifusão uma das soluções para a Equação (6) é o cálculo da umidade média (base seca) de toda a amostra de material (\bar{U}_t) numa soma infinita como indicado na Equação (7) que, em longos períodos de secagem se reduz a apenas o primeiro termo da soma, obtendo-se assim a Equação (8) (MARQUES, 2017).

$$\frac{\bar{U}_t - U_{EQ}}{U_{o,bs} - U_{EQ}} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i + 1)^2} \cdot \exp\left[-(2i + 1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{AB} \cdot \frac{t}{4L_c^2}\right] \quad (7)$$

$$\ln\left(\frac{\bar{U}_t - U_{EQ}}{U_{o,bs} - U_{EQ}}\right) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) \cdot \left(-\frac{\pi^2}{4L_c^2} \cdot D_{AB} \cdot t\right) \quad (8)$$

Nessas equações, $U_{o,bs}$ é a umidade inicial em base seca e t o tempo transcorrido até a umidade média possua um valor de \bar{U}_t .

Caso a geometria considerada seja o tomate inteiro e supondo que um formato esférico é conservado até o final do processo, a solução da Segunda Lei de Fick é indicada na Equação (9) (PARK et al., 2014), que em longos períodos de secagem se reduz ao primeiro termo do somatório expressado na Equação (10).

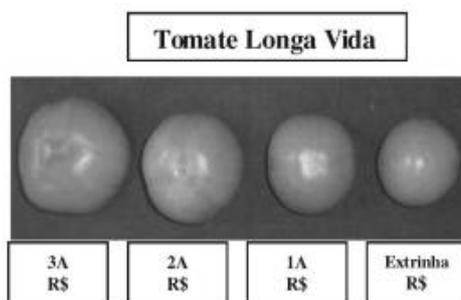
$$\frac{\bar{U}_t - U_{EQ}}{U_o - U_{EQ}} = \frac{6}{\pi^2} \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{(i)^2} \cdot \exp\left[-\frac{(i)^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{AB} \cdot t}{r^2}\right] \quad (9)$$

$$\ln\left(\frac{U_t - U_{EQ}}{U_o - U_{EQ}}\right) = \ln\left(\frac{6}{\pi^2}\right) \cdot \left(-\frac{\pi^2}{r^2} \cdot D_{AB} \cdot t\right) \quad (10)$$

3. Resultados

Neste trabalho foi analisada a secagem do tomate Carmem (ou longa vida 2A) que é o mais produzido na região de Itapeva. Esse tomate possui um formato similar ao esférico com diâmetro entre 50 a 60 mm (Ferreira, Freitas e Lazzari, 2004) e seu peso varia entre 190 a 220 g (HÁZERA, 2014). Os tomates adquiridos apresentaram cor vermelha na superfície, o que o classifica como maduro.

Figura 2 – Formato do tomate longa vida.



Fonte: Ferreira (2011)

3.1 Avaliação da massa seca

Os dados obtidos mediante a secagem no micro-ondas constam na Tabela 3. Foram realizados três experimentos, todos com amostras de tomates cortados ao meio.

Tabela 3 – Determinação da massa seca

Amostra	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Redução da Massa (%)	Tempo total (min)	Rel. Proporc.
1	71	6	91,55	14	0,0845
2	57	4	92,98	9	0,0702
3	57	4	92,98	11	0,0702
					0,0750

Fonte: Próprio autor (2020)

Apesar de as amostras 2 e 3 terem a mesma massa inicial e final, foi notado que o tempo para se atingir a massa seca final não foi o mesmo, possivelmente devido às geometrias e

estruturas diferentes. Todas as amostras ao fim do período de secagem no micro-ondas obtiveram uma coloração preta em grande parte de seu volume, uma vez que para se retirar toda a massa de água é necessário queimar o produto. A Figura 3 representa a amostra 2 após a finalização do processo.

Figura 3 – Amostra 2 após o término de secagem no micro-ondas.



Fonte: Próprio autor (2020)

3.2 Avaliação da umidade inicial

Baseando-se nos dados apresentados na Seção 3.1 foi possível determinar a umidade inicial dos tomates usados como amostras. Para isso foi usada a Equação (1). Os valores são apresentados na Tabela 4. Devido a que nem todas as amostras apresentam a mesma massa total que as amostras da Tabela 3, a massa seca delas foram avaliadas proporcionalmente àquelas que utilizadas no experimento no micro-ondas (0,075 g massa seca / g massa total). As amostras usadas na secagem solar são (1) fatia de 1cm; (2) inteiro, (3) gomo de 1/4 e gomo de 1/2 e seus respectivas umidades iniciais constam na Tabela 4.

Tabela 4 – Umidade inicial das amostras

Código	Geometria	Massa Inicial (g)	Massa seca (g)	$U_{o,bu}$ (%)	$U_{o,bs}$
1	Fatia 1 cm	27	2,03	92,5	12,3
2	Tomate Inteiro	105	7,88	92,5	12,3
3	Gomo ¼	37	2,78	92,5	12,3
4	Gomo ½	65	4,88	92,5	12,3

Fonte: Próprio autor (2020)

Segundo Esalq (2006), a umidade inicial do tomate é, geralmente em torno de 95% em base úmida. A umidade obtida experimentalmente está próxima desse valor.

3.3 Curvas de secagem

Antes do início da secagem, os tomates foram submetidos a um pré-tratamento, onde as amostras ficaram submersas por 40 min em uma solução de 1 L de água, 50 g de sal e 500 g de açúcar. O pré-tratamento faz com que o tempo de secagem diminua, diminuindo assim possíveis efeitos de degradação por causa da exposição do tomate às condições ambientais. Posteriormente, as quatro amostras foram expostas juntas à mesma radiação solar, das 9:30 às 18:30, e, a cada uma hora, era realizada a medição da temperatura da superfície usando um termômetro culinário digital TP101. Ao final do dia, as amostras eram retiradas do ambiente externo para evitar a proliferação de microrganismos devido à alta umidade durante a noite. As massas das amostras eram medidas ao fim de cada dia e ao

início do processo. A experimentação durou 2 dias e os valores das massas após o fim de cada dia constam na Tabela 5.

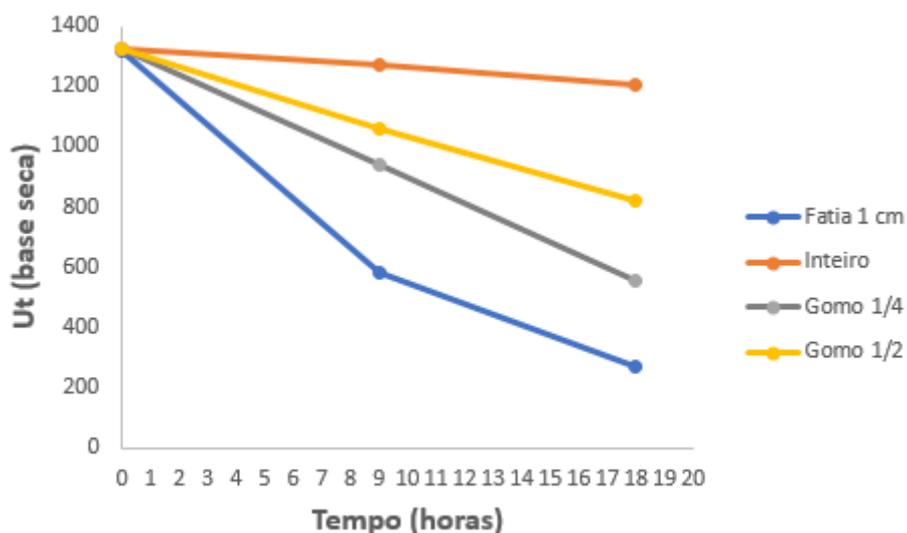
Tabela 5 – Processo de secagem das amostras

Código	Geometria	Após 1º Dia (g)	Após 2º Dia (g)	% Redução da Massa
1	Fatia 1 cm	13	7	74
2	Tomate Inteiro	101	96	9
3	Gomo ¼	27	17	54
4	Gomo ½	53	42	35

Fonte: Próprio autor (2020)

Sob as condições ambiente, foi possível obter a curva de secagem das amostras analisadas nesses dois dias de experimentação, conforme Figura 4.

Figura 4 – Curva de secagem obtido experimentalmente.

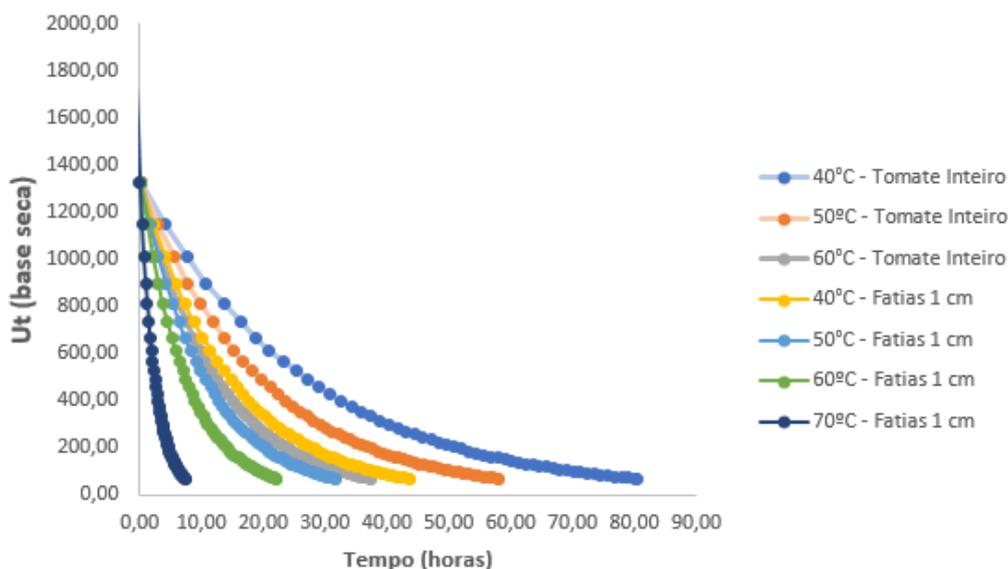


Fonte: Próprio autor (2020)

Uma forma de estimar o tempo necessário para a secagem de algumas geometrias é utilizar as equações advindas da Lei de Fick. Desta forma, a Figura 5 mostra a curva de secagem para fatias de 1 cm de tomate e para tomate inteiro em diferentes temperaturas, baseando-se nas Equações (8) e (10).

Para que estas equações possam ser utilizadas, é necessário ter valores para umidade final desejada, umidade de equilíbrio do produto e coeficiente de difusão. A umidade final desejada selecionada foi 35% [b.u.], conforme indicado por ALESSI (2013), a umidade de equilíbrio foi calculada com base na Equação (4) e o coeficiente de difusão foi variado de acordo com a temperatura analisada, levando em conta os dados contidos na Tabela 2.

Figura 5 – Curva de secagem para tomate em fatias e tomate inteiro



Fonte: Próprio autor (2020)

Segundo dados fornecidos pela Figura 5, seria necessário em torno de 8 horas para que uma fatia de tomate fosse seca em temperaturas de 40°C. Durante o período de secagem, em alguns horários do dia se atingiu a temperatura mencionada, entretanto, a maior parte do dia a temperatura variava entre 30-35°C. Essa variação pode ter influenciado o fato de a amostra de fatia de 1 cm de espessura ter precisado de 18 horas de exposição ao sol.

4. Conclusões

Como já se era esperado, na secagem solar, a fatia de 1 cm seca mais rapidamente, seguida pelo gomo de 1/4, o gomo de 1/2 e finalmente o tomate inteiro. Apesar de necessitar de mais tempo de secagem, quando comparada à secagem artificial, a secagem solar não usou energia poluente. Além disso, foi possível notar a influência do peso inicial da amostra e sua porcentagem de redução de peso com o passar dos dias, uma vez que quanto maior a massa inicial, menor será a redução de massa por dia, ou seja, maior será a quantidade necessária de tempo para expor o produto ao sol. Futuramente, sugere-se exposição por mais dias das demais amostras, a fim de verificar a curva de secagem estimada e a curva real para cada geometria.

Referências

- AKANBI, C. T.; ADEYEMI, R. S.; OJO, A. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 2, p. 157-163, 2006.
- ALMEIDA, C. R. Secador de grãos. Gerente Operacional. Empresa Capal. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <ana.tavares@unesp.br>. em: 30 jul. 2020.
- ALONSO, Luís Felipe Toro. **Algoritmos de Seleção e Dimensionamento de Secadores**. 2001. 256 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas, 2001
- ARAGÃO, R. F. Secagem de fatias de caju (*Anacardium occidentale* L.) em secador de bandejas. 2007. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.
- ASMUS, B. F. NACCACHE, B.; VICTORETTE, M. W. D.; DIAS, R. A.; NOLL, V.; DUTRA, C. B. S. Desenvolvimento de um sistema de controle aplicado a uma estufa de desidratação de frutas. COBENGE. Blumenau, 2011

BEECHER, G. R. Nutrient content of tomatoes and tomato products, Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 218 (1998) 98–100.

BELESSIOTIS, V.; DELYANNIS, E. Solar drying. **Solar Energy**, v. 85, n. 8, p. 1665-1691, 2011.

BEZERRA, Tânia Sulamytha. Desidratação de Hortaliças: Aspectos Teóricos. 2007. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Tecnologia de Alimentos, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CUNHA, H. V. F. A diferença entre atividade de água e o teor de umidade nos alimentos. Food Safety Brazil, 2016.

DIAS, L. G. Estudo do processo de secagem em estufa e por microondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, 2013.

DURIGON, A.; MAZUTTI, M. A.; MOSSI, A. J.; TREICHEL, H. Effects of emperature on both drying kinetics and color of Italian tomato. Biochemistry and Biotechnology Reports. v. 2, n.1, 2013.

ESALQ - Divisão de biblioteca e documentação. Manual de desidratação solar de frutas ervas e hortaliças, Piracicaba: ESALQ, 2006. 48p. (Série Produtor Rural, 33).

FARIAS, F. P. M. Estudo teórico da termofluidodinâmica em secadores ciclônicos. 2006. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Processo, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FERREIRA, Marcos David. Tecnologias pós-colheita em frutas e hortaliças. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011.

FERREIRA, M. M. P. Desenvolvimento, caracterização e secagem de sementes com cobertura artificial. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI, E. N. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 329-335, jan. 2004.

FAO, FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 26 set. 2020.

GARITA, C. S.; ROQUE, R. M.; FOGLIA, R. C. Diseño y construcción de un secador solar para madera. Kurí: Revista Florestal, Costa Rica, v. 14, n. 5, 2008.

HÁZERA. Tomate Carmem. 2014. Disponível em: <<https://www.hazera.com.br/product/carmem/>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

IGUAZ, A.; VÍRSEDA, P. Moisture desorption isotherms of rough rice at high temperatures. Journal of Food Engineering, n. 79, p. 794–802, 2007.

LEHMKUHL, W. A. Análise numérica e experimental de um secador contínuo tipo túnel utilizado na indústria de cerâmica vermelha. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

LIMA, G. S. Análise experimental da operação de um secador solar passivo distribuído para secagem de hortaliças. 2019. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Materiais, Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. estudio del secado de anacardo (*Anacardium occidentale* L.) mediante secador solar de radiación directa. Información Tecnológica, v. 21, n. 1, p.31-37, 2010.

MALAJOVICH, M. A. Como obter a massa seca. Disponível em: <<https://bteduc.com>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

MARQUES, Raquel Rocha. **Modelagem matemática das curvas de secagem de cagaita em secadores elétricos e solar**. 2017. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química Tecnológica, Universidade de Brasília, Brasília, 2017

OLIVEIRA, G. R.; SANTOS, J. T. S.; CAMPOS, A. F. P.; NUNES, T. P.; RUSSO, S. L.; OLIVEIRA JUNIOR, A. M. Prospecção tecnológica: processo de liofilização na indústria de alimentos. Geintec, São Cristóvão, v. 3, n. 1, p. 92-102, 2012.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, Félix E. P.; FABBRO, I. M. D. Secagem: Fundamentos e equações. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.16, n.1, p.93-127, 2014.

PERAZZINI, H. Secagem de resíduos críticos em secador rotativo. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PEREDA, Santiago. **Secagem de Tomate**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <ana.tavares@unesp.br>. em: 04 jun. 2020.

REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. R.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de eucalyptus grandis em Lavras, MG. Cerne, Lavras, v. 16, p. 41-47, 2010.

ROSA, E.D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações. Ribeirão Preto, 2006. Disponível em: <<http://www.labmaqdo brasil.com.br>>. Acesso em: 11 maio 2020.

SANTOS, R. G.; TELES, A. R. S.; CONCEIÇÃO, A. M.; BARBOSA, N. F. P.; SILVA, G. F.; MONTEIRO, L. F. Estudo da cinética de secagem e alterações físico-químicas do tomate. Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. São Carlos, 2015

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e secadores. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Rio Grande do Sul, capítulo 5, p.107-138, 2018.

SILVA, L. C. Secagem de grãos. 2005. Disponível em: <<http://agais.com>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

SOUZA, Jossyl Amorim Ribeiro de. **Secagem de sólidos via ciclones: modelagem e simulação**. 2012. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

TECHNAVIO. Global packaged dehydrated food market 2018-2022. 2019. Disponível em: <<https://www.technavio.com>>. Acesso em: 06 nov. 2019.