

PROCESSOS DE SECAGEM COMO FERRAMENTA À PRESERVAÇÃO E INFLUÊNCIA NA REIDRATAÇÃO DE TOMATE SECO

Reni Saath; Marcelo Sá Teles; Gustavo Soares Wenneck; Natália Leticia Fratta; Cassia Inês Lourenzi Franco Rosa

¹ Engenheira Agrícola, Prof.^a, Doutora; Centro de Ciências Agrárias, DAG, UEM/Sede, Maringá - PR; rsaath@uem.br;

² Graduando em Agronomia; Universidade Estadual de Maringá; marcelo.fellow@gmail.com

³ Graduando em Agronomia; Universidade Estadual de Maringá; gustavowenneck@gmail.com

⁴ Graduanda em Agronomia; Universidade Estadual de Maringá; natalialct@hotmail.com;

⁵ Eng^a Agrônoma, Prof.^a Doutora; Centro de Ciências Agrárias, DAG, UEM/Sede, Maringá - PR; cassialourenzi@gmail.com

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Muitos alimentos passam pelo processo de secagem por necessidade de conservação, outros para adquirirem sabores refinados, como o tomate seco, cujo valor agregado alcança benefícios monetários. Um planejamento experimental fatorial 3x3 foi realizado, analisando-se a influência do processo de secagem em relação ao tempo e fração do fruto sobre a perda de água, redução de massa e massa de sólidos dos tomates desidratados por condução e por convecção forçada do ar. Por gravimetria redução de água, concentração de sólidos e qualidade dos tomates secos indicam relação direta à velocidade do processo de desidratação; enquanto a secagem com fluxo de ar produz tomates secos com qualidade, sem prejudicar a capacidade de absorção de água do tomate desidratado, na secagem por condução a temperatura e a geometria causou danos visíveis as características qualitativas dos tomates. Nas diferentes frações, reduções na umidade foram crescente na fase inicial e decrescente no final do processo; em função do menor tempo de exposição do produto a temperatura com fluxo de ar, foi perceptível uma pequena variação entre partes com e sem sementes, em relação à frutos inteiros, cujo maior tempo de exposição resultou numa maior alteração das variáveis aparência, cor, sabor e aroma do tomate seco.

PALAVRAS-CHAVE: Produção excedente; Segurança alimentar; Valor agregado.

DRYING PROCESSES AS A PRESERVATION TOOL AND INFLUENCE ON DRY TOMATO REIDRATATION

ABSTRACT: Many kinds of food go through the drying process due to the need of conservation, others to acquire refined flavors, such as dried tomatoes; their added value achieves monetary benefits. A 3x3 experimental factorial design it was performed, analyzing a drying process influence in relation to the time and fruit fraction on a water loss, reduction of mass and solids mass of dehydrated tomatoes by conduction and forced air convection. By gravimetric, water reduction, solids concentration and quality of dried tomatoes indicate direct relationship to the rate of the dehydration process; while drying with airflow produces quality-dried tomatoes, without impairing a water absorption capacity of the dehydrated tomato, drying by conduction of a temperature and a geometry caused visible damage as qualitative characteristics of tomatoes. In the different fractions, reductions in moisture were raised in the initial phase and were not finalized; Due to the shorter exposure time of the product to the temperature with the air flow, it was a small variation between parts with and without seeds, in

relation to whole fruits, the longer exposure time resulted in greater alteration of the variables appearance, color, flavor and aroma of dried tomatoes.

KEYWORDS: Surplus production; Food safety; Added value.

INTRODUÇÃO: Os frutos de tomate, em função do alto teor de água e/ou atividade de água, são perecíveis e susceptíveis ao crescimento microbiano, necessitando de um método de conservação. A evolução das técnicas de preparo e consumo do tomate seco potencializa-o como atividade econômica. Acerca da competitividade, o sucesso de um produto depende, além dos aspectos de eficiência do processo e viabilidade econômica, da satisfação ao sabor e expectativas do consumidor. A secagem, além de possibilitar uma alternativa de renda para agricultores e profissionais ligados a cadeia de produção, demonstra ser uma técnica viável para aproveitar o excedente da produção, disponibilizando para o mercado consumidor produtos estáveis e seguros. É importante registrar que existe a sazonalidade, que limitará o mercado de tomate, fazendo com que ocorra um aumento de preço na matéria-prima, ocasionando um aumento de preço no produto final. A aplicação de calor sob condição controlada, para remover a maior parte da água presente no alimento por evaporação não sendo indicado o uso de temperaturas acima de 75°C, pois podem causar perdas e alterações nutricionais, conduzindo a mudanças nas características de cor, sabor e textura dos produtos. Assim, a secagem requer maior tempo de exposição do produto ao calor, que eleva o consumo energético e o custo final (JORGE et al., 2013). Neste contexto, objetivou-se estudar a influência do processo de secagem em relação ao tempo e fração do fruto sobre a perda de água, redução de massa e massa de sólidos dos tomates desidratados por condução e por convecção forçada do ar.

MATERIAL E MÉTODOS: Depois de colhidos e selecionados pela cor vermelha (padrão de comercialização), os tomates de tamanhos uniformes e sem danos mecânicos ou doenças foram higienizados por lavagem com água corrente e imersão dos frutos em solução de hipoclorito de sódio 0,1 mL L⁻¹, por dez minutos. Dos tomates sanificados, previamente secos em papel absorvente foram utilizados doze frutos por repetição para cada tratamento: tomate triturados em nitrogênio líquido (T₀), secagem por liofilização; cortados em relação ao eixo maior do fruto, em metades (T₁), em três partes (T₂) e em quatro partes (T₃), retiradas as sementes, lavados em água destilada e distribuídos em bandejas aço inoxidável (60x60cm) com fundo telado (malha de 1 cm²) para eliminar a água superficial (Figura 1).



FIGURA 1. Manipulação da matéria-prima: a) Frutos de tomates pós imersão em solução de hipoclorito de sódio; b) Corte dos tomates e remoção das sementes; c) Pedacos de tomate sem sementes distribuídos em bandejas de fundo telado para escorrer a água superficial.

Eliminada a água superficial dos frutos de cada tratamento, o conteúdo pesado e os tomates distribuídos em bandejas aço inoxidável (60x60cm) e submetidos a secagem. A desidratação por condução foi conduzida em estufa de secagem de oito de bandejas em

laboratório, constituída de controle da temperatura e de secagem (Figura 2a). O processo de secagem por convecção forçada de ar (Figura 2b), conduzido em secador de bandejas experimental constituído das seções de controle da velocidade do ar, da temperatura e de secagem.



FIGURA 2. Ilustração do sistema de secagem: a) Estufa de secagem a vácuo composta de oito bandejas; b) Secador de bandejas carregado com amostras de tomate.

Em ambos os equipamentos, a seção de secagem consiste de cabine onde são encaixadas as bandejas de aço inoxidável, perfuradas, e submetidos à temperatura (60 70, 80°C) por condução e por convecção forçada do ar à 0,50 m s⁻¹. Cada amostra teve seu conteúdo distribuído uniformemente em cada uma das bandejas identificadas (1 a 8) e sobrepostas na cabine de secagem (Figura 2), com espaçamento de 0,08 m entre si no equipamento. Essas foram alternadas de posição e pesada em intervalos (15 min) nas 6h iniciais e de 1h até umidade de 15±0,2% em base seca (bs), estimado através da redução de massa (Equação 1) e o consumo energético (CE) até a obtenção de uma umidade de 15% determinado, utilizando balanço energético e desconsiderando a energia dissipada (Equação 2). O rendimento (η) foi calculado pela capacidade máxima de fruto úmido colocada no equipamento e a quantidade de massa seca produzida ao final do processo.

$$M_f = M_i \frac{100 - U_i}{100 - U_f} \quad (\text{Equação 1})$$

$$Ce = Pot \times t \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo: M_f : massa final do produto seco (g), M_i : massa inicial úmida (g), U_i : teor de água inicial do produto fresco (% bu); U_f : teor de água final do produto seco (% bu); Pot: Potência do equipamento; t: tempo de operação (h).

Foram também determinados na massa triturada, segundo as Normas do Instituto Adolfo Lutz, o pH, acidez total (ATT) e os teores de sólidos solúveis (°Brix) obtidos por refratômetro PORTÁTIL, com resolução 0,2%. Na análise sensorial afetiva, foram analisados os atributos aparência, cor, aroma, sabor e textura, considerando o índice de aceitabilidade e a intenção de compra do tomate seco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Avaliando o consumo energético do sistema de secagem por circulação forçada de ar aquecido, no consumo energético total (Tabela 1), para as

temperaturas utilizadas por operação (kWh) pode ser observado que, em média o valor é 36-43% menor do que a secagem por condução, para obtenção de tomate seco (1 Kg). Importante destacar que, utilizando equipamentos de maior capacidade, o consumo energético por operação pode ser reduzido. Mesmo que o processo de liofilização tenha apresentado um rendimento de 7,5% o consumo energético total para obtenção de tomate seco foi 51-57% vezes maior do que o método por condução e 70-75% utilizando a circulação de ar aquecido.

TABELA 1 Caracterização do consumo energético dos métodos de secagem

Processos de Secagem	Estudo energético												
	Consumo hora (kW kg ⁻¹)			Tempo secagem (h)			η (%)			Consumo total (KWh)			
Por liofilização	1.956,02			88			7,5			146			
	(°C)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃
Por condução	60	655	652	649	33	30	27	6,0	6,2	6,3	71	69	67
	70	641	638	632	32	28	25	6,1	6,4	6,6	65	64	62
	80	634	631	629	27	24	22	6,0	6,3	6,5	63	62	60
Por circulação de ar	60	351	349	343	24	22	20	7,1	7,3	7,5	45	44	40
	70	342	339	332	18	16	12	7,7	7,8	7,7	40	38	35
	80	336	327	319	15	12	8	7,8	8,1	8,6	36	33	26

Comparando os sistemas de secagem que aplicam temperatura de 70°C, em relação a secagem por condução e convecção de ar forçada, o processo por liofilização apresentou valores bem superiores para consumo energético (146 kWh) e tempo de secagem (88h). O consumo energético do sistema de secagem por circulação forçada de ar aquecido a 60°C resultou em um valor de 351-343 kW de energia para produzir 1 kg de tomate desidratado, cujo custo no processo por condução é bem mais elevado 655 kW (Tabela 1). Ainda, pelos métodos de secagem aplicados para o fomento de resultado, ficou evidente a dificuldade de sua comparação, visto que as características físicas, químicas e sensoriais do produto dos processos são muito diferentes, corroborando com Jorge et al. (2013) e Liu et al. (2012), ao reportar que, além de custo elevado, o método de secagem por liofilização, resulta em um produto diferenciado que é destinado a consumidores específicos.

As informações quanto ao custo de secagem obtidas neste estudo são similares as reportadas por Vieira; Nicoletti; Telis (2012), que em seus estudos obtiveram um custo expressivamente maior para o processo de secagem por liofilização quando comparado aos produtos secos por outras técnicas. O processo por liofilização é apontado como o melhor método para remoção da água em alimentos com qualidade elevada em comparação com outros métodos, pois conforme relatado por Fellows (2006) e Montevali; Manaei; Khoshtagaza (2011), elevadas temperaturas alteram a qualidade nutricional e sensorial dos produtos. Essa informação foi confirmada pelo presente estudo. Dessa maneira, observa-se a necessidade de pesquisas para aprimorar técnicas e/ou tecnologias viáveis aos produtores e que minimizem os custos operacionais, ofertando produtos de qualidade a um preço competitivo.

Importante ressaltar que para o cálculo do consumo energético da secagem por liofilização o valor determinado considerou todas as etapas e equipamentos utilizados no processo, conforme os critérios relatados por Jorge et al. (2013). Calculou-se o consumo

energético total para a obtenção de 1 Kg de tomate desidratado através do processo de liofilização, cujo resultado para o processo foi semelhante ao rendimento médio para tomate desidratado por liofilização por Jorge et al. (2013), que a partir do tomate úmido, obtiveram um valor de 7,31% para um consumo de 2139,73 kW, sendo 6,23 vezes maior do que o processo em circulação forçada de ar aquecido, corroborando com Kowalski e Pawlowski (2011).

Quanto a qualidade dos tomates, o resultado mostrou que ocorreu mais rejeição ao produto obtido pelo processo de secagem por condução a 60°C foi para os atributos aparência, cor e aroma e na temperatura 80°C para os atributos sabor e textura (Tabela 2).

TABELA 2. Frequência de aceitação e rejeição do tomate após a secagem por condução e por circulação forçada com três temperaturas, para os atributos avaliados pelos provadores no teste sensorial afetivo.

Resposta	Processo	Temperatura (°C)	Frequência (%) por atributo				
			Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Textura
Aceitação	Condução	60	56,3	65,0	53,8	60,0	61,3
		70	61,3	67,5	54,5	59,3	63,0
		80	55,3	64,5	55,0	61,3	61,3
	Circulação	60	79,3	78,5	89,0	94,3	96,3
		70	78,8	78,8	88,8	93,8	91,3
		80	71,3	67,5	57,5	56,3	70,0
Indiferentes	Condução	60	16,2	15,9	17,8	20,0	21,3
		70	9,9	20,5	21,5	17,3	13,0
		80	17,4	21,5	28,0	13,3	17,3
	Circulação	60	13,7	12,8	5,8	1,8	6,3
		70	8,9	10,5	4,5	1,3	6,0
		80	15,3	17,5	7,5	2,3	7,0
Rejeição	Condução	60	27,5	15,9	18,8	20,0	19,3
		70	11,3	7,9	5,5	11,3	11,0
		80	16,3	12,5	8,9	26,3	21,3
	Circulação	60	7,3	6,5	6,0	4,3	2,3
		70	5,5	4,8	4,8	3,8	2,3
		80	7,8	7,5	7,5	6,3	3,0

*Aceitação=soma das frequências das notas 5 a 7, **Indiferentes =frequência da nota 4, ***rejeição=soma das frequências das notas 1 a 3; n=100 provadores

Como relatado por Raupp et al. (2007), temperaturas muito elevadas levam a textura mais dura e sabor desagradável do produto. As amostras de tomate seco a 80°C apresentaram o menor tempo de secagem (Tabela 1), e tiveram rejeição para os atributos aparência, cor e aroma comparável ou inferior a tomates secos pelo processo com circulação forçada. Os tomates secos do processo de secagem por condução obtiveram os menores percentuais de frequência de aceitação para dos os tributos avaliados, comparado as temperaturas de secagem do processo com circulação forçada (Tabela 3). Essas observações corroboram com os resultados reportados por Camargo; Haj-Isa; Queiroz (2007); Cruz; Braga; Grandi (2012) e Munhoz et al. (2011).

Quanto a relação entre o resultado das características químicas dos tomates secos (Tabela 3) e aceitação do produto (Tabela 2), verificou-se a preferência pelo tomate seco obtido pela secagem com circulação do ar forçado à 60 e 70°C ter proporcionado um produto com melhores atributos sensoriais (Tabela 2), sugerindo que o produto manteve o índice aromático característico. No entanto, embora alguns julgadores manifestassem rejeição, todos os produtos foram aceitos. Deve-se salientar que o sabor levemente alterado nos tomates secos obtidos pela desidratação por condução foi percebido pela comissão avaliador, observados nos comentários escritos na ficha sensorial de 65% dos julgadores, cujos tratamentos apresentaram um maior índice de rejeição (Tabela 2). Quanto a acidez titulável (ATT), os resultados indicaram não haver efeito entre os métodos de secagem, evidenciando uma variação de 0,33 a 0,33%, cujos valores de acidez nas amostras de tomate *in natura* analisadas foram similares, mas superiores 0,39% (Tabela 3).

TABELA 3 Valores médios de pH, acidez (%) e sólidos solúveis (°brix) do tomate tipo italiano (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Tratamento	pH	Acidez ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Sólidos solúveis (°Brix)
<i>In natura</i>	4,22 \pm 0,25	0,39 \pm 0,08	6,2 \pm 0,12 *
T ₀	3,91 \pm 0,15	0,33 \pm 0,05	16,0 \pm 0,03
T ₁	4,01 \pm 0,19	0,34 \pm 0,04	25,8 \pm 0,08
T ₂	3,98 \pm 0,17	0,34 \pm 0,04	25,9 \pm 0,08
T ₃	3,93 \pm 0,18	0,33 \pm 0,04	27,2 \pm 0,06

* Significativo; valores médios; \pm erro padrão (três repetições)

Os valores médios de pH e de sólidos solúveis (SST) obtido das amostras de tomate seco demonstrou similaridade, ainda que os processos fossem diferentes. Independentemente do método de secagem, o valor de SST foi superior a 25,5 °Brix, indicando apenas uma concentração em relação ao °Brix observado nos tomates *in natura* (Tabela 3). O balanço entre acidez e açúcar, do ponto de vista sensorial, é responsável pelo sabor característico do tomate. Além do sabor, a qualidade sensorial do tomate seco está também ligada à aparência, cor, textura e aroma. Os valores médios de pH obtidos são inferiores a 4,4 (Tabela 3), cujo índice é desejável para impedir a proliferação de microrganismos, visto que pH superior a 4,5 requer períodos mais longos de esterilização da matéria-prima em um processamento térmico, ocasionando maior consumo de energia e custo de processamento. Conhecendo-se o teor de SST e de ATT pode-se estabelecer para os frutos a relação SST/ATT (°Brix / %).

Elevado valor na relação indica uma ótima combinação de açúcar e ácido que se correlacionam com sabor suave, enquanto que valores baixos, com sabor ácido, ou seja, frutos de alta qualidade contêm mais de 0,32% de acidez titulável, 3% de SST e relação SST/ATT maior que 10. Quanto maior o teor de SST (°Brix) maior será o rendimento a nível industrial, mas os tomates recebidos pelas indústrias no Brasil têm apresentado teores menores (4,5 °Brix), como reportado por Ferreira et al. (2005). O conteúdo de ST, obtidos a partir da umidade em base seca, a acidez e conteúdo de sólidos solúveis no tomate *in natura* foram similares aos valores reportados por Camargo; Haj-Isa; Queiroz (2007); Chitarra; Chitarra (2005); Cruz; Braga; Grandi (2012); Munhoz et al. (2011). Para as amostras de tomate seco os valores corroboram com as informações reportadas por Romero-Penha; Kieckbusch (2003).

Independente do processo, houve elevada concentração no conteúdo de SST para o tomate seco comparado ao tomate *in natura* (Tabela 3), o tratamento de secagem em estufa resultou em produtos que sofrem maiores alterações pelo tratamento térmico, devido ao tipo de transferência de calor por condução, cujo produto apresentou um produto com qualidade sensorial inferior (Tabela 2). Essa observação corrobora com Montevali; Manaei; Khoshtagaza (2011).

Ainda, na caracterização químicas para as variáveis avaliadas, o tratamento de secagem por liofilização não apresentou diferenças em relação as dos demais métodos de secagem, entretanto, pode-se indicar que houve menor concentração de SST, que pode ser atribuído ao maior período de secagem das amostras até o teor de água pré-estabelecido.

CONCLUSÕES: Os processos com fluxo de ar forçado apresentaram menor tempo de secagem, indicando que um aumento da velocidade do ar ou modificações das condições da umidade relativa do ar podem reduzir o consumo energético do processo; a secagem por condução resultou numa maior alteração das variáveis aparência, cor, sabor e aroma do tomate seco. Como ferramenta na gestão de processo, mesmo em pequena escala, a secagem com ar forçado, pode reduzir o consumo energético, propiciar melhoria de produtividade e aumento da lucratividade para o produtor. A temperatura de secagem tem efeitos diretos na composição química e na qualidade sensorial do tomate seco.

REFERÊNCIAS: CAMARGO, G.A.; HAJ-ISA, N.; QUEIROZ, M.R. Avaliação da qualidade de tomate seco em conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.11, n.5, p.521-526, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CRUZ, P.M.F.; BRAGA, G.C.; GRANDI, A.M. Composição química, cor e qualidade sensorial do tomate seco a diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1475-1486, 2012.

FELLOWS, P. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2006.

FERREIRA, M.D. et al. Avaliação de linhas de beneficiamento e padrões de classificação para tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, Brasília v.23, p. 940-944, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p.533.

JORGE, A.; KUBASKI, E.T.; ALMEIDA, D.M.; TEBCHERANI, S.M. A gestão de processos como alternativas para processos de secagem de tomate. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2015, 14p.

KOWALSKI, S.J.; PAWLOWSKI, A. Energy consumption and quality aspect by intermittent drying. **Chemical Engineering and Processing**, v. 50, p.384–390, 2011.

LIU, P.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A.S. Comparison of three microwave-assisted drying methods on the physiochemical, nutritional and sensory qualities of re-structured purple-fleshed sweet potato granules. **International Journal of Food Science and Technology**, 2012. Vol. 47, p. 141–147.

MONTEVALI, A.; MINAEI, S.; KHOSHTAGAZA, M.H. Evaluation of energy consumption in different drying methods. **Energy Conversion and Management**, v. 52, p.1192–1199, 2011.

MUNHOZ, C.L.; UMEBARA, T.; BRANCO, I.G.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E.J. Caracterização e aceitabilidade de tomate seco. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 05, n. 01, p. 252-262, 2011.

RAUPP, D.S.; GABRIEL, L.S.; VEZZARO, A.F.; DAROS, P.A.; CHRESTANI, F.; GARDINGO, J.R.; BORSATO, A.V. Tomate longa vida desidratado em diferentes temperaturas de secagem. **Acta Scientiarum.Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 33-39, 2007.

ROMERO-PENHA, L. M.; KIECKBUSCH, T. G. Influência de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 1, p. 69-76, 2003.

VIEIRA, A.P.; NICOLETI, J.F.; TELIS, V.R.N. Freeze drying of pineapple slices: evaluation of drying kinetics and product quality. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.1, 2012.