

DESIDRATAÇÃO DE RESÍDUOS DE FRUTAS USANDO DIFERENTES TIPOS DE PRÉ-TRATAMENTOS

P. B. SILVA¹, A. C. R. MONTES¹, I. B. MASTA¹, K. O. ARAÚJO¹, C. R. DUARTE¹,
M. A. S. BARROZO¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia
E-mail para contato: pribernardess@yahoo.com.br; masbarrozo@ufu.br

RESUMO – O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da pré-desidratação e da adição de casca de maracujá ao resíduo de acerola, além dos efeitos da temperatura e do tempo de secagem sobre o teor de compostos bioativos. Os resultados mostraram o efeito benéfico do etanol pulverizado sobre as sementes de acerola o qual reduziu o tempo de secagem sem, contudo, provocar a perda dos compostos bioativos. Perda esta observada para os tratamentos com solução de sacarose e em banho ultrassônico. Observou-se, também, que tempo de secagem teve influencia sobre de ácido ascórbico e acidez.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de frutas dentre as quais se destacam a acerola e o maracujá. A acerola é uma fruta caracterizada pela alta concentração de vitamina C e por apresentar eficaz atividade antioxidante. O maracujá possui fibras, ácido cítrico e é amplamente utilizado na produção de pectina. No processamento destas frutas geram-se um grande volume de resíduos os quais podem ser reprocessados aumentando a rentabilidade do processo.

Como as frutas são altamente perecíveis requerem-se métodos que garantam a sua conservação. Dentre os quais se destaca a desidratação, por meio da qual é possível reduzir a atividade de água, reduzindo a ação de agentes químicos e microbiológicos. Esta técnica é muito utilizada por possuir baixos custos e operação simples. Neste contexto, destacam-se a desidratação osmótica que tem sido usada como uma etapa intermediária à secagem, e o banho ultrassônico que consiste na propagação de uma onda mecânica com frequência superior a 20000hz num meio físico. Essa onda mecânica, no material sólido, produz um deslocamento entre as partículas do material de forma a gerar tensões que podem causar ruptura das células que o compõe, além de formar micro canais, aumentando a difusividade efetiva da água e, conseqüentemente, facilitando a secagem (FERNANDES *et al.*, 2007).

O método de secagem por infravermelho é eficiente especialmente para materiais com altos níveis de umidade, caso dos resíduos de acerola e maracujá. Isso se deve à forma com que o equipamento funciona, isto é, através da emissão de radiação infravermelha (comprimento de onda > 3µm) que é absorvida quase totalmente pela umidade presente na estrutura interna do material, aumentando a sua temperatura e promovendo a evaporação, mas é praticamente “permeável” ao material seco (CELMA *et al.*, 2009). Esse método possui como principais vantagens em relação à secagem convectiva tradicional a maior eficiência energética, operação quase isotérmica e uma

menor vazão de ar para efetuar a secagem.

O presente estudo teve por objetivo determinar a melhor pré-desidratação, o efeito da adição de casca de maracujá ao resíduo de acerola e a temperatura de secagem que garanta a maior perda de água e a retenção de bioativos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

Os resíduos da acerola foram fornecidos pela Fruteza LTDA, de Dracena, SP. O material foi ensacado e congelado até o momento da secagem e das análises. As amostras foram retiradas de freezer 12h antes da realização da secagem e colocadas na geladeira para descongelar.

2.2 Métodos

Unidade experimental : Analisador de umidade infravermelho IV 2500 da GEHAKA, constituído por um emissor infravermelho, um sensor de temperatura do tipo Platina (PT1000), um prato de alumínio descartável sobre o qual foi posta a amostra e o suporte do prato que é diretamente ligado ao eixo da balança. Sobre este sistema existe uma capota responsável pelo isolamento térmico do refletor para o ambiente. A câmara protege a balança do calor por meio de um colchão de ar, e garante que haja circulação de ar interna para que os vapores de água saiam da amostra sem que seja perturbada a leitura da balança. A câmara superior garante que todos os raios infravermelhos sejam dirigidos à amostra, fornecendo uma distribuição uniforme de calor sobre a amostra.

Procedimento Experimental: Neste trabalho realizaram-se as secagens das sementes de acerola sem e com pré-tratamentos, são eles:

- Acerola: Sementes de acerola sem pré-tratamentos;
- Acerola com etanol: Sementes de acerola pré-tratadas com etanol 93,2^oGL na proporção de 2L de etanol para 3kg de sementes de acerola. As sementes ficaram em repouso por 1,5h antes do início da secagem;
- Acerola com sacarose: Sementes de acerola pré-tratadas com solução de sacarose (50%) na proporção de 1kg de sementes para 4L de solução, adaptado da metodologia proposta por Alves *et al.* (2004). As sementes ficaram imersas na solução por 5 min;
- Acerola com ultrassom: Sementes de acerola pré-tratadas no ultrassom cuja frequência e potência são de respectivamente, 33kHz e 1050W. As sementes foram imersas em água na proporção de 1kg de sementes para 4L de acordo com Fernandes (2008) e submetidas ao ultrassom por 3min;
- Acerola com maracujá: Sementes de acerola foram misturadas com resíduo de maracujá na proporção 1kg:1kg, afim de se aumentar o teor de bioativos.

Após as sementes serem tratadas pesaram-se as amostras e então se iniciaram a secagem no infravermelho nas temperaturas de 50^oC, 60^oC, 70^oC, 80^oC, 90^oC e 100^oC. Anotando-se os valores de umidade no decorrer do tempo até que não houvesse variação significativa. Após a secagem fizeram-se análises para avaliar o teor de umidade e a concentração de compostos bioativos de acordo com a metodologia a seguir. Os resultados das concentrações de bioativos foram apresentados em

relação à 100g de resíduo seco.

- Determinação da umidade: obtido pelo método de estufa a $105^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas;
- Determinação do teor de acidez titulável total: realizado de acordo com os métodos da Association of Official Analytical Chemists (1995);
- Determinação do teor de ácido ascórbico: realizado por titulometria, método que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol-indofenol pelo ácido ascórbico (AOAC, 1995);
- Determinação de compostos fenólicos: determinado pelo método de Folin–Ciocalteu, usando ácido gálico como padrão. A leitura da absorbância foi realizada a 622 nm. A curva analítica foi construída utilizando o ácido gálico como padrão;
- Determinação do teor de flavonoides totais: foi efetuada com metanol de acordo com Yu e Dahegren (2000). O conteúdo de flavonoides totais foi determinado pelo método colorimétrico segundo Zhishen et al. (1999), com leitura de absorbância a 450 nm. A rotina foi utilizada como padrão para a obtenção da curva de calibração.
- Microscopia eletrônica de varredura: realizadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) da Carlzeiss, modelo EVOMA10, após as amostras terem sido fixadas nos stubs e metalizadas com ouro no metalizador da marca Leica modelo SCD050. Para isto, o MEV foi regulado a uma distância focal de 9,5mm, voltagem de aceleração de 10kV e ampliação de 133 vezes para todas as amostras.

Tratamento matemático: Os valores de umidade obtidos ao longo do tempo de secagem foram convertidos em adimensional de umidade, tal que: $MR = (M - M_{eq}) / (M_0 - M_{eq})$. Em que MR é o adimensional de umidade, M é a umidade em um tempo qualquer, M_0 a umidade inicial e M_{eq} a umidade de equilíbrio. Posteriormente os dados de adimensional de umidade versus tempo foram analisados por regressão não linear, com os modelos cinéticos Lewis (1921), Brooker et al. (1974), Henderson e Henderson (1968), Overhults et al. (1973) e Page (1949) os quais foram citados por Barrozo *et al.* (1996). Finalizaram-se plotando-se os gráficos dos ajustes do melhor modelo cinético.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Cinética de secagem

Os dados de adimensional de umidade (MR) e tempo foram analisados pelos modelos não lineares citados na metodologia. Dentre os quais o modelo que melhor representou os resultados foi o de Overhults *et al.* (1973), em que $MR = \exp(-kt^n)$ onde $k = \exp(A+B/T)$, t representa o tempo de secagem, T a temperatura de secagem e A, B, n são os parâmetros do modelo e estão na Tabela 1.

Tabela 1: Dados dos parâmetros para a previsão de Overhults *et al.* (1973) para os diferentes resíduos.

	A	B	n	R ²
Acerola	0,158	-48,3	1,32	0,9951
Acerola com etanol	0,076	-23,4	1,30	0,9984
Acerola com ultrassom	0,118	-35,2	1,26	0,9939
Acerola com sacarose	0,184	-56,6	1,30	0,9963
Acerola com maracujá	0,097	-29,3	1,15	0,9820

Os dados de MR em função do tempo e da temperatura de secagem, para os resíduos de acerola sem tratamento, com adição de etanol, maracujá, sacarose e submetidos ao ultrassom, foram plotados com a previsão pelo modelo de Overhults *et al.* (1973) e apresentados, respectivamente, nas Figuras 1 (a), (b), (c), (d) e (e). Entre os resíduos expostos à secagem os que receberam tratamento com etanol e com ultrassom foram os que apresentaram menores tempos de secagem. Em contrapartida, os resíduos acrescidos com maracujá e os tratados com sacarose necessitaram de um tempo maior de exposição até a umidade desejada. Isto pode ser explicado pelo aumento da resistência à difusão provocada pela sacarose e no caso do maracujá por ele ser rico em fibras o que dificulta a remoção da água.

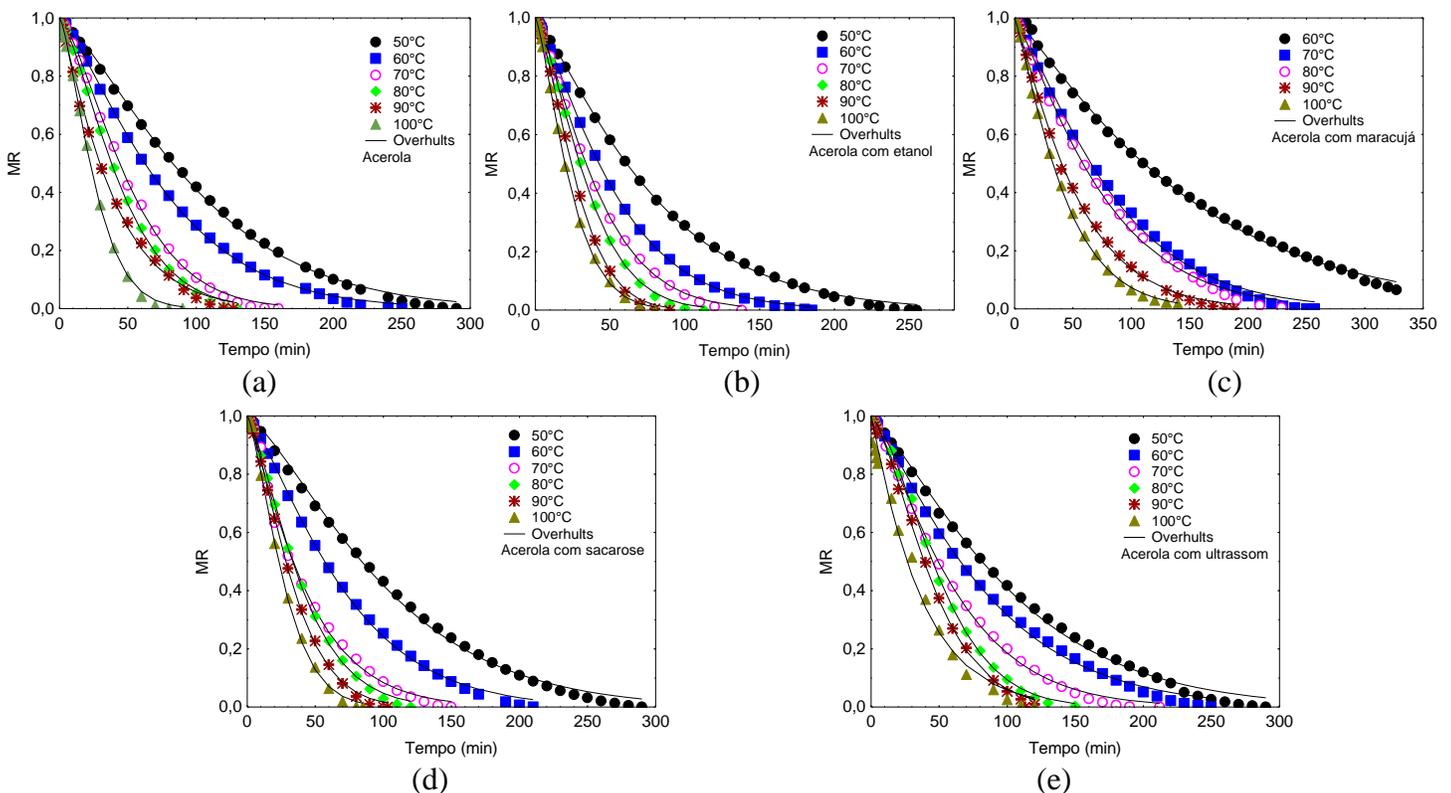


Figura 1: Curvas de cinética de secagem para: (a) Resíduos de acerola sem tratamento. (b) Resíduos de acerola pulverizados com etanol. (c) Resíduos de acerola com maracujá. (d) Resíduos de acerola com sacarose. (e) Resíduos de acerola submetidos ao ultrassom.

3.2 Análises dos compostos bioativos

A Figura 2 (a) a seguir apresenta a concentração de ácido ascórbico para os resíduos de acerola sem tratamento e os pré-tratados com etanol, sacarose, ultrassom e os misturados com resíduo de maracujá. Os resultados, para as condições estudadas, indicam o efeito benéfico da temperatura sobre o teor de ácido ascórbico em relação ao resíduo in natura. Este comportamento também foi

encontrado por Duzzioni *et al.* (2013) em estudos com resíduos de acerola em leito fixo e por Ozgur *et al.* (2011) ao secar pimentas. Isto pode ocorrer, pois o aumento da temperatura causa a desativação de enzimas responsáveis pela degradação do ácido ascórbico.

Verificou-se também que as maiores concentrações de ácido ascórbico ocorreram para temperaturas intermediárias. É possível ainda observar que os resíduos de acerola tratados com etanol pulverizado e os acrescidos com resíduo de maracujá apresentaram valores mais próximos ao resíduo de acerola sem tratamento após a secagem. Em contrapartida os resíduos previamente tratados com solução de sacarose e ultrassom apresentaram uma redução acentuada do teor de vitamina C. Isto ocorre devido à diferença de concentração da solução e da amostra, que implica na transferência de massa da solução para amostra e da amostra para a solução. Nos tratamentos com ultrassom ocorrem séries de rápidas compressões e expansões que podem implicar na formação de canais microscópicos que reduzem a camada limite de difusão e aumenta a transferência de massa do produto (Fuente-Blanco, 2006). Estes mecanismos mostram-se favoráveis no processo de secagem, implicando na redução do tempo de secagem, contudo, como pode se observar nos resultados apresentados, causam a perda de nutrientes do material. Este comportamento é observado também para os demais bioativos estudados neste trabalho.

O teor de acidez, apresentado na Figura 2 (b), indica a tendência a se ter a maior concentração nas temperaturas intermediárias e que o resíduo de acerola quando misturado com maracujá apresenta acidez mais elevada que os demais resíduos de acerola. Nos tratamentos com ultrassom e com solução de sacarose, como já discutido, ocorre a dissolução dos componentes bioativos. No entanto, todos os resíduos, após a secagem, tiveram a redução da acidez em relação à in natura. Isto ocorre devido à baixa estabilidade do ácido cítrico durante tratamentos térmicos, o qual é sensível a operações com temperaturas elevadas (PODSEDEK, 2007).

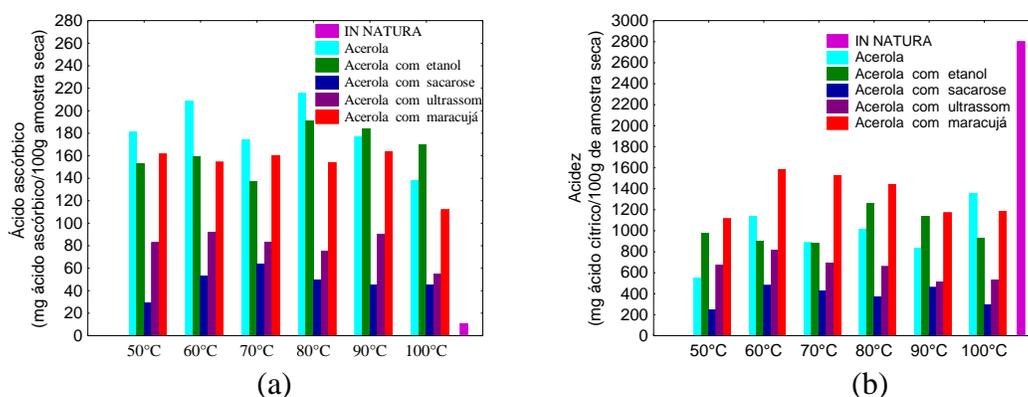


Figura 2: (a) Concentração de ácido ascórbico em função da temperatura de secagem. (b) Concentração de ácido cítrico em função da temperatura de secagem.

O teor de compostos fenólicos, Figura 3 (a), apresentou redução em relação ao aumento da temperatura de secagem. Enquanto o de flavonoides, Figura 3 (b), sugere a possível necessidade de uma temperatura intermediária para obtenção da maior concentração. Contudo, as concentrações de ambos foram superiores ao do resíduo in natura. Isto é possível devido à liberação de compostos

fenólicos da matriz durante o processamento do material (CHANG, 2006). Outros estudos, como o de Vega-Gálvez (2009), relatam que o aumento do teor de fenólicos após secagens pode estar relacionado à presença de melanoidinas, provenientes da reação de Maillard, interferindo assim nas propriedades antioxidantes dos alimentos em geral.

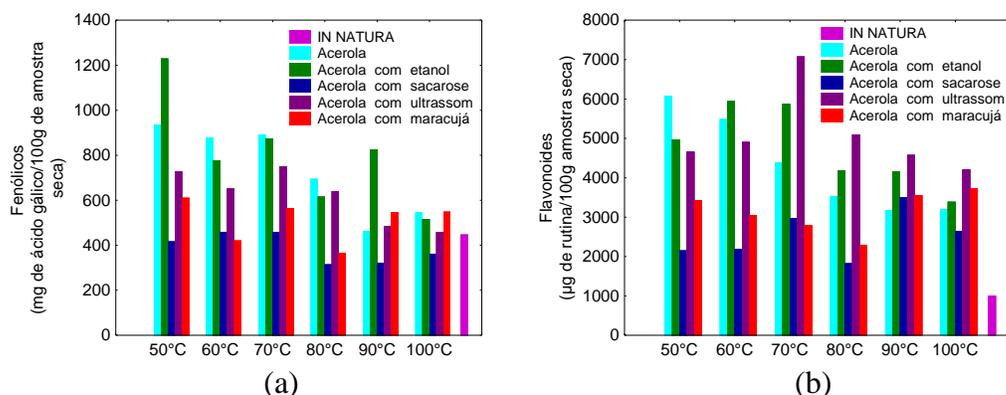


Figura 3: (a) Concentração de fenólicos em função da temperatura de secagem. (b) Concentração de flavonoides em função da temperatura de secagem.

Outros fatores, como o tempo de secagem, também influenciam a concentração dos bioativos após a secagem. Comportamento que também foi relatado por Santos-Sánchez *et al.* (2011) em trabalho com damascos. Neste sentido, a fim de representar a interferência do tempo e da temperatura de secagem sobre o teor de bioativos, fez-se regressões cujos resultados estão apresentados na Tabela 2. As Figuras 4 (a), (b), (c) e (d) mostram as superfícies para a concentração de ácido ascórbico, ácido cítrico, fenólicos e flavonoides, respectivamente, em função da temperatura e do tempo de secagem para o resíduo de acerola sem tratamento.

Tabela 2: Dados da regressão para os diferentes bioativos.

Bioativos	Fator	Parâmetro	Desvio	Nível de significância	R ²
Acidez		-10737,0		0,002	0,9999
	T	263,3	0,05	0,001	
	t _p	7,5	0,01	0,002	
	T ²	-1,6	0,04	0,001	
Ácido ascórbico		3443,9		0,058	0,9961
	T	-28,2	1,74	0,058	
	t _p	-28,1	7,67	0,061	
	t _p ²	0,04	4,67	0,063	
	T · t _p	0,19	1,46	0,057	
Fenólicos		1461,3		0,001	0,8363
	T		2,14	0,011	
Flavonoides		14934,5		0,006	0,9763
	T	-228,6	0,92	0,033	
	T ²	1,1	0,92	0,072	

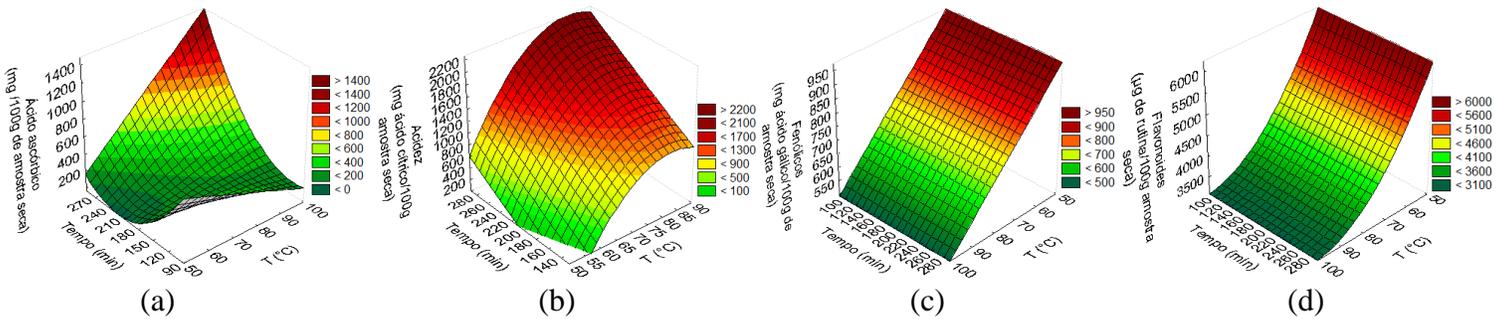


Figura 4: Superfícies de resposta em função da temperatura e do tempo de secagem (a) Ácido ascórbico. (b) Acidez. (c) Fenólicos. (d) Flavonoides.

Por fim, fez-se a microscopia eletrônica de varredura dos resíduos de acerola com os diferentes tratamentos após estes já terem sido submetidos à secagem a 50°C. Para isto, o MEV foi regulado a uma distância focal de 9,5mm, voltagem de aceleração de 10kV e ampliação de 133 vezes para todas as amostras. As Figuras 5 (a), (b), (c), (d) e (e) apresentam as imagens para os resíduos de acerola, acerola com etanol, acerola com sacarose, acerola com ultrassom e acerola com maracujá. Estas indicam uma estrutura irregular, com muitos poros e aparência esponjosa. As tratadas com solução de sacarose aparentam ter uma superfície mais lisa que as demais sementes.

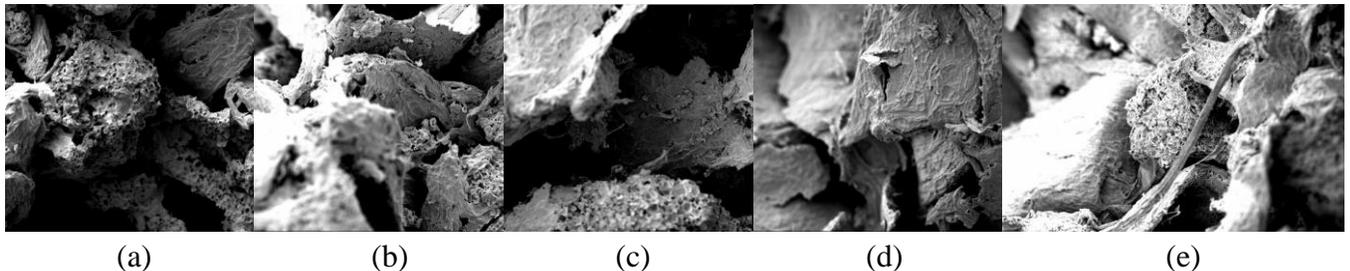


Figura 5: Microscopia eletrônica de varredura para: (a) Sementes de acerola sem tratamentos. (b) Sementes de acerola com etanol. (c) Sementes de acerola com sacarose. (d) Sementes de acerola com ultrassom. (e) Sementes de acerola com maracujá.

4. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram o efeito benéfico do etanol pulverizado sobre as sementes de acerola. Este tratamento provocou a redução do tempo de secagem sem, contudo, provocar a perda de compostos bioativos. Perda esta observada para os tratamentos com solução de sacarose e em banho ultrassônico. Observaram-se, também, o efeito do tempo de secagem sobre os teores dos compostos bioativos, principalmente sobre o de ácido ascórbico e acidez.

5. REFERÊNCIAS

AOAC. Official Methods of Analysis. *Association of Official Analytical Chemists*, Gaithersburg, MD, 1995.

- ALVES, D. G.; JÚNIOR, J. L. B.; GRAZIELLA, C. A.; MURR, F. E. X. *Osmotic dehydration of acerola fruit (Malpighia puniceifolia L.)*. Journal of Food Engineering, 68, p. 99-103, 2004.
- BARROZO, M.A.S., SARTORI, D.J.M., FREIRIE, J.T., ACHCAR, J.A., *Discrimination of equilibrium moisture equations for soybean using nonlinearity measures*. DryingTechnology 14 (7), 1779–1794, 1996.
- CELMA, A. R.; CUADROS, F.; LÓPEZ-RODRÍGUES, F. *Characterization of industrial tomato by-products from infrared drying processes*. Food and Bioprod. Process., v. 87, p. 282-291, 2009.
- CHANG, C. H., Lin, H. Y., CHANG, C. Y., LIU, Y. C. *Comparisons on the Antioxidant Properties of Fresh, Freeze-Dried and Hot-Air-Dried Tomatoes*. Journal of Food Engineering, 77, p. 478-485, 2006.
- DUZZIONI, A. G., LENTON, V. M., SILVA, D. I. S., BARROZO, M. A. S. *Effect of drying kinetics on mais bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (Malpighia emarginata D. C.) residue*. International Journal of Food Science & Technology, v.48, p. 1041-1047, 2013.
- FERNANDES, F. A. N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. *Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: melon dehydration*. LWT, v. 41, p. 604-610, 2008.
- OVERHULTS, D. G.; WHITE, G. M.; HAMILTON, H. E.; ROSS, I. J. *Drying soybeans with heated air*, Transactions of the ASAE, 16(1), p. 112-113, 1973.
- OZGUR, M., OZCAN, T., AKPINAR-BAYIZIT, YILMAZ-ERSAN, L. *Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers*. African Journal of Agricultural Research, 6 (25), p.5638-5644, 2011.
- FUENTE-BLANCO, S., SARABIA, E. R., ACOSTA-APARICIO, V.M., BLANCO-BLANCO, A. GALLEGO-JUÁREZ, J. A. *Food drying process by power ultrasound*. Ultrasonics, 44, p.523-527, 2006.
- PODSEDEK, A. *Natural Antioxidants and Antioxidant Capacity of Brassica Vegetables: A review*. LWT: Journal of Food Composition and Analysis, 40, p.1-11, 2007.
- SANTOS-SÁNCHEZ, N. F., VALADEZ-BLANCO, R., GÓMEZ-GÓMEZ, M. S., PÉREZ-HERRERA, A., SALAS-CORONADO, R., *Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices*. Food science and technology, 46, p. 298-304, 2011.
- VEGA-GÁLVEZ, A.; DI SCALA, K.; RODRÍGUEZ, K.; LEMUS-MONDACA, R.; MIRANDA, M.; LÓPEZ, J.; PEREZ-WON, M. *Effect of air-drying Temperature on Physico-chemical Properties, Antioxidant Capacity, Colour and Total Phenolic Content of Red Pepper (Capsicum annum, L. var. Hungarian)*. Food Chem, v. 117, p. 647-652, 2009.
- YU, D.; DAHEGREN, R.A. *Evaluation of Methods for Measuring Polyphenol in Conifer Foliage*. J. Chem. Ecology, 26, p.2119-2140, 2000.
- ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. *The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and their Scavenging Effects on Superoxide Radicals*. Food Chem., v.64, p.555-559, 1999.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio Financeiro para a realização da pesquisa e ainda a FAPEMIG pelos recursos concedidos no Projeto de Participação Coletiva em Eventos Técnicos-Científicos (PCE-00082-14).