

SECAGEM DE RESÍDUOS DE ACEROLA EM SECADOR ROTO-AERADO COM REALIMENTAÇÃO

M. R. LEMES¹, B. H. O. PINHEIRO¹, C. A. ALVARES¹, K. O. ARAUJO¹, P. B. SILVA¹, C. R. DUARTE¹, M. A. S. BARROZO¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química
E-mail para contato: murilorocchalemes@gmail.com

RESUMO – O reaproveitamento dos resíduos agroindustriais é fundamental para evitar o desperdício e, com isso, reduzir o impacto ambiental, social e econômico. Para estas finalidades, uma das alternativas é a secagem e dentre os possíveis secadores, o secador roto-aerado. Este secador proporciona um melhor contato fluido-partícula do que o secador rotatório convencional devido a uma nova forma de disposição do ar de secagem, aumentando os coeficientes de transferência de calor e massa e, como consequência, reduzindo o consumo energético. Como esperado, a umidade nos resíduos foi reduzida ficando em torno de 6,7% e 17,2%, variando com a quantidade de etapas realizadas no secador e com as condições de secagem. Verificou-se também o efeito benéfico da secagem sobre o teor de ácido ascórbico. As quantidades de ácido cítrico foram inferiores aos dos resíduos *in natura* e tiveram efeitos negativos com o aumento da temperatura do ar de secagem. Os compostos fenólicos e flavonoides foram superiores no resíduo de acerola após a secagem, no entanto, também apresentaram diminuição em seu teor a cada estágio.

1. INTRODUÇÃO

O fornecimento de uma fonte alimentar de boa qualidade, com baixo custo e oferta regular, que possa suprir as necessidades da população mundial, é um problema que se acentua a cada momento, principalmente nas regiões mais carentes. Sabe-se que o mundo está passando por uma explosão populacional, assim, há uma grande necessidade de aumento de produção de alimentos e conscientização da população para evitar o desperdício.

Entendendo que a alimentação é fator de proteção ou de risco para ocorrência de grande parte das doenças e levando em consideração que os alimentos separadamente, na sua grande maioria, são incompletos para atender as necessidades humanas, nota-se que é necessário variá-los ou utilizar do reaproveitamento de resíduos para alcançar esse objetivo (GALEAZZI et al., 1999).

Dentre as frutas processadas destaca-se a acerola que possui elevada concentração de vitamina C, que é uma das vitaminas mais importantes para prevenir o escorbuto. A acerola é ainda rica em antioxidantes, compostos fenólicos e flavonoides. Estes compostos, por sua vez, se caracterizam pela importante ação como compostos bioativos e por possuírem propriedades bioquímicas e farmacológicas, nessa ordem. Existe ainda uma grande quantidade de ácido cítrico, que ajuda na absorção e quebra de gorduras e no controle do pH do corpo.

No Brasil, estima-se que aproximadamente 35 mil toneladas de acerola são processadas na indústria por ano (ALDRIGUE et al., 2002). Deste total, cerca de 15% a 41% são considerados descarte (bagaço, casca e sementes) e desprezados do processo fabril. O descarte dessa parte do fruto representa um custo operacional para as empresas e ocorre geralmente sem a atenção devida (AGUIAR et al., 2010). No entanto, estudos mostraram que estes resíduos da acerola apresentam elevados teores de compostos bioativos (DUZZIONI et al., 2013) evidenciando a necessidade de aproveitamento destes e a possibilidade da incorporação dos mesmos na alimentação humana.

Entre as etapas para o aproveitamento dos resíduos da indústria de alimentos, destaca-se a desidratação. Secadores rotatórios têm larga utilização industrial devido a sua grande versatilidade para operar com diversos materiais. Sua versão convencional consiste de um casco de formato cilíndrico inclinado em relação a horizontal, capaz de girar sobre o seu próprio eixo, sendo equipado internamente com suspensores. No secador roto-aerado, os suspensores foram substituídos por um tubo central equipado com mini-tubos. Os mesmos são acoplados ao tubo no interior do cilindro giratório, e são responsáveis por transportar o gás quente e colocá-lo em contato direto com as partículas dentro do leito para secagem, promovendo a fluidização destas.

Portanto, visando o reaproveitamento dos resíduos proveniente do processamento de acerola a proposta deste trabalho foi avaliar a secagem em secador roto-aerado e o seu efeito sobre o teor de bioativos.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Materiais

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

2.2.1 Unidade e procedimento experimental

O secador roto-aerado é constituído por um soprador de 7,5 cv acoplado a um duto com comprimento de 2 m e 0,2 m de diâmetro. Entre esse duto e o secador existe um sistema de aquecimento com resistências elétricas, controladas por um variador de voltagem. A alimentação de sólidos é feita através de uma correia transportadora montada abaixo de um reservatório, onde o material particulado úmido fica armazenado. A correia é acionada por um motor de 0,5 cv acoplado a um moto-redutor e a velocidade é controlada por um inversor de frequência. Além do controle de velocidade, a distância entre o bocal do silo e a correia também pode ser regulada, fornecendo mais uma opção para a regulação da vazão de sólidos. O secador rotatório tem 1,5 m de comprimento e 0,3 m de diâmetro (relação $L/D=5$) e a

estrutura permite variações de inclinação e rotação do tambor (por meio de inversor de frequência).

A secagem foi realizada em secador roto-aerado com inclinação de 3° e rotação de 2,7 rpm, alimentação média de sólidos de 45 g/min. Os experimentos foram realizados em uma faixa muito estreita de umidade relativa do ar.

As variáveis estudadas foram a temperatura e a velocidade do ar em três diferentes condições (Tabela 1). As secagens com realimentação do material foram realizadas em múltiplos estágios. Sendo que após o sistema estar ajustado às condições operacionais os sólidos foram alimentados ao secador. As amostras foram coletadas após certificar-se que o sistema estava em regime permanente. Posteriormente, as sementes foram recolocadas no reservatório, novamente era certificado se o sistema estava nas condições operacionais desejadas e então iniciava a alimentação das sementes de acerola ao secador. Este procedimento foi realizado por até cinco vezes. A quantidade de estágios foi determinada de acordo com a umidade do material no final de cada corrida. Foram realizadas as análises dos compostos bioativos após todos os estágios de secagem.

Tabela 1: Condições Operacionais.

Condição Operacional	T (°C)	v (m/s)
P ₁	80	1,50
P ₉	115	2,25
P ₄	150	3,00

2.2.2 Umidade

Avaliou-se o teor de umidade do produto através do método de estufa a 105°C±3°C por 24 horas.

2.2.3 Teor de Acidez Titulável Total (TA)

O teor de acidez titulável total (expressa em % de ácido cítrico) das amostras foi realizado de acordo com os métodos da AOAC (1995). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico/100 g amostra em base seca.

2.2.4 Determinação de compostos fenólicos (TPC)

O teor de fenólicos totais foi 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. Os resultados estão expressos em mg de ácido gálico por 100 g de amostra em base seca.

2.2.5 Determinação do teor de flavonoides totais (TFC)

A extração dos flavonoides 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 absorvância a 450 nm. Este método utiliza o $AlCl_3$ como agente de deslocamento para diminuir a interferência de outros compostos na leitura da absorvância da solução. A rutina foi utilizada como padrão para a obtenção da curva de calibração. Os resultados foram expressos em mg equivalente de rutina/100 g de amostra em base seca.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para estes experimentos foram utilizadas sementes de acerola *in natura*, as quais possuíam concentrações de bioativos de acordo com a Tabela 2.

Os resultados dos compostos bioativos, após cada estágio das secagens, para as diferentes condições operacionais, estão apresentados nas Figuras 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5. Nestas figuras é possível relacionar também os teores dos compostos bioativos em função da temperatura do sólido na saída do secador. Percebe-se que, como era pensado, houve uma redução na umidade do sólido a cada estágio bem como houve um aumento na sua temperatura de saída. Apenas entre os estágios 3, 4 e 5 da condição mínima de secagem (P_1 , temperatura e a velocidade do ar de secagem igual a $80^\circ C$ e 1,5 m/s) não ocorreram aumento da temperatura do sólido. Notou-se ainda a necessidade de apenas 3 estágios na condição máxima P_4 para reduzir a umidade das sementes a 6,7%, enquanto que para as condições P_1 e P_9 , as sementes foram realimentadas 5 e 4 vezes e a umidade final foram iguais a 17,2% e 10,7%, respectivamente.

Os teores de ácido ascórbico (Figura 1.2), como nos demais resultados apresentados neste trabalho, tiveram efeito positivo em relação à secagem. Entretanto, a análise conjunta das Figuras 1.2 e 1.3, no estágio 2 e 5, para P_4 e P_1 , ordenadamente, permitiu observar que os teores de ácido ascórbico foram iguais a 65,0 e 67,9 mg para as condições P_4 e P_1 . Portanto, os resultados indicaram que os teores de ácido ascórbico, apesar de favorecidos pela secagem independem da faixa de temperatura do ar de secagem. Já as quantidades de ácido cítrico (Figura 1.3) apresentaram comportamento semelhante ao do ácido ascórbico, ou seja, foram menores do que os resíduos *in natura* e tiveram efeitos negativos com o aumento da temperatura do ar de secagem. Porém, como para a condição P_4 foram necessários apenas 3 estágios de secagem, o tempo de exposição do resíduo à elevada temperatura foi menor o que proporcionou uma menor redução do teor de ácido cítrico quando comparado com as condições P_9 e P_1 .

Os teores de fenólicos (Figura 1.4) e de flavonoides (Figura 1.5) diminuíram a cada estágio, e este último apresentou um aumento repentino cujo qual pode ser justificado pela liberação destes compostos pela matriz durante o processo. Uma justificativa para a diminuição de seus teores pode ser baseada na exposição prolongada a elevadas temperaturas que favorecem as degradações. Verifica-se, também, que na condição P_1 (condição mínima) os teores dos compostos fenólicos foram superiores aos das demais condições.

Tabela 2 - Compostos bioativos no resíduo de acerola.

Acidez (g ácido cítrico.100 g ⁻¹ de resíduo seco)	1,70±0,09
--	-----------

Ácido ascórbico (mg.100 g ⁻¹ de resíduo seco)	13,6±1,1
Fenólicos (mg de ácido gálico. 100 g ⁻¹ de resíduo seco)	746,2±19,9
Flavonoides (mg rutina. 100 g ⁻¹ de resíduo seco)	2,60±0,16

Figura 1.1 - Umidade removida das sementes de acerola após cada estágio de secagem.

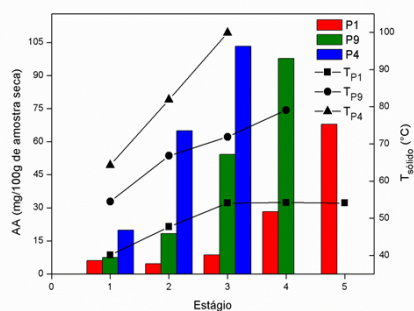


Figura 1.2 - Ácido ascórbico (AA) nas sementes de acerola após cada estágio.

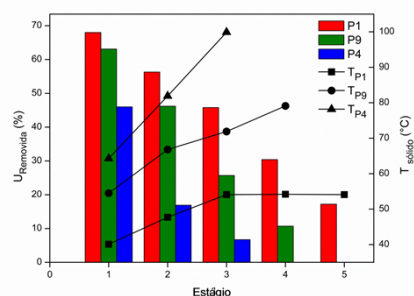


Figura 1.3 - Acidez (TA) nas sementes de acerola após cada estágio.

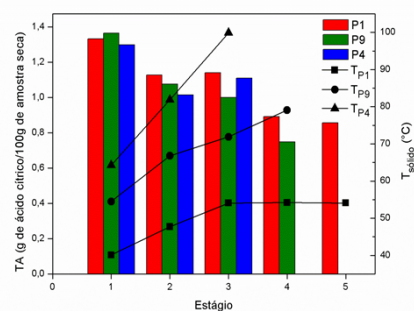


Figura 1.4 - Fenólicos totais (TPC) nas sementes de acerola após cada estágio.

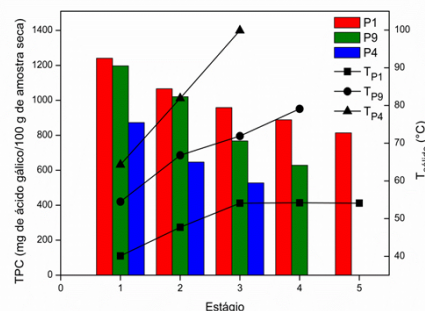
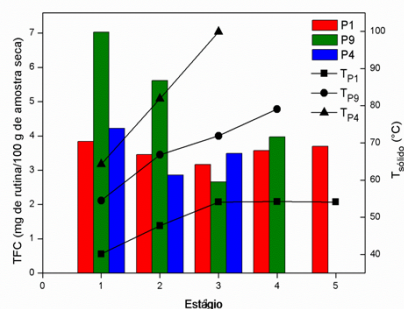


Figura 1.5 - Flavonoides totais (TFC) nas sementes de acerola após cada estágio.



4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos das secagens com realimentação no secador roto-aerado permitiram observar que, mesmo para elevadas temperaturas e velocidade do ar de secagem, os teores dos compostos bioativos foram grandes. Usando desta mesma condição de operação, os resíduos de acerola apresentaram umidades satisfatórias (6,7%) após três estágios de secagem. Foi possível perceber que, com exceção do ácido cítrico, todos os outros compostos bioativos da acerola apresentaram aumento de seu teor após a secagem. Os compostos fenólicos foram superiores para condições de secagem com temperaturas mais baixas, em contrapartida, os flavonoides necessitam de condições operacionais intermediárias. Os teores de ácido cítrico e ascórbico mostraram-se dependentes não apenas da temperatura, mas também do tempo a que as sementes eram expostas à secagem. Sendo que, o tempo elevado de secagem, causou maior degradação destes compostos mesmo quando estes resíduos eram submetidos a temperaturas inferiores.

5. REFERÊNCIAS

- AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 1995.
- AGUIAR, T. M. Caracterização Química e Avaliação do Valor Nutritivo de Sementes de Acerola. Revista da Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição, São Paulo, v.35, n.2, p.91-102, 2010.
- ALDRIGUE, M. L. Aspectos da Ciência e Tecnologia de Alimentos e Nutrição. João Pessoa: Editora UFPB, v. 1, p.198, 2002.
- 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.
- GALEAZZI, M. A. M. Alimentação Adequada para Elaboração do Sistema “Melhores Compras”. Revista Cadernos de Debate. Campinas, v.7, p.65-80, 1999.
- 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.
- YU, D.; DAHEGREN, R.A. **Evaluation of Methods for Measuring Polyphenol in Conifer Foliage.** *J. Chem. Ecology*, 26, p.2119-2140, 2000.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.