

## **AVALIAÇÃO DE AGENTES PRESERVANTES DO ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO NO PROCESSO DE SECAGEM DE MAÇÃ**

---

Sérgio Henriques Saraiva<sup>1</sup>, Lílian Bozzi Zeferino<sup>1</sup>, Mateus da Silva Junqueira<sup>1</sup>, Luís César da Silva<sup>1</sup>, Luciano José Quintão Teixeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, SN, Caixa Postal 16, Alegre, CEP: 29500-000, Espírito Santo - Brasil  
(sergio@cca.ufes.br)

---

### **RESUMO**

Este trabalho avaliou o efeito da utilização de agentes preservantes da oxidação enzimática, no processo de secagem da maçã e ajustou curvas de secagem para a maçã cortada em rodela e para a casca da maçã em um secador de bandejas, com o processo de secagem usando ar a 60°C na entrada do secador. Para a prevenção do escurecimento enzimático, as maçãs cortadas em rodela foram submetidas a quatro tratamentos: controle; solução de ácido ascórbico a 0,5%; solução de ácido cítrico a 0,5%; solução de 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de ácido ascórbico. As cascas resultantes do processamento foram colocadas em solução de 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de ácido ascórbico em água por cinco minutos antes de serem colocadas para secar. Na construção das curvas de secagem foi utilizado o modelo de Page. A comparação dos diferentes tratamentos quanto ao efeito de preservação da cor foi feita por análise visual. O modelo de Page mostrou-se adequado para descrever a curva de secagem para a maçã e para a casca de maçã. Todos os agentes preservantes testados inibiram o escurecimento da maçã, sendo que o tratamento que combinou 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de ácido ascórbico foi o mais eficiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Maçã desidratada, curva de secagem, escurecimento enzimático

### **EVALUATION OF PRESERVATIVES AGENTS OF ENZYMATIC BROWNING IN DRYING PROCESS OF APPLE**

#### **ABSTRACT**

This work evaluated the effect of the use of preservatives agents of the enzymatic oxidation on the drying process of apple and adjusted drying curves for sliced apples and for the apple peel in trays dryer, with the drying process using air at 60 °C at the input dryer. To prevention of the enzymatic browning, the sliced apples were subjected to four treatments: control; 0,5% solution of ascorbic acid; 0,5% solution of citric acid; solution of 0,5% citric acid and 0,5% ascorbic acid. The peels resulting of the processing were placed in solution of 0,5% citric acid and 0,5% ascorbic acid by five minutes before be placed to dry. In the construction of drying curves was used the Page model. The comparison of different treatments on the effect of preservation of the color was held by visual analysis. The Page model was adequate to describe the drying curves for sliced apples and for the apple peel. All preservatives agents were found to inhibit the browning of apple, but the treatment that combined 0.5% citric acid and 0.5% ascorbic acid was more efficient.

**KEYWORDS:** Dehydrated apple, drying curve, enzymatic browning

## INTRODUÇÃO

Atualmente a demanda por produtos naturais, saudáveis e saborosos à base de frutas tem crescido cada vez mais. Grande atenção tem sido dada aos processos que preservam a estrutura física e as características sensoriais dos produtos, principalmente para ampliar o mercado dos produtos feitos de frutas. A pesquisa na área de desidratação de frutas tem sido direcionada na busca de métodos, que proporcionem produtos com poucas alterações em suas características sensoriais e nutritivas de baixo custo (ANTONIO, 2002; ALVES, 2003).

A maçã é o fruto da árvore *Pyrus Malus*, de pele fina e impermeável, sabor agridoce, ácido ou farináceo, dependendo da espécie, e de polpa homogênea. Em geral é colhida durante todo o ano (PROS, 1980). É um fruto rico em água (aproximadamente 85% em massa) que sofre grandes transformações bioquímicas durante seu amadurecimento. Segundo Cruz (1990), a maçã é uma fruta possível de ser desidratada, pois possui boa textura, alto teor de açúcares e de acidez, é firme e está pronta para o consumo.

Por seu alto teor de potássio e pela capacidade de produzir boas quantidades de fibras, a maçã é fruta indicada para a manutenção da saúde, para a prevenção de doenças cardíacas e de excesso de colesterol no sangue, e para dietas alimentares de emagrecimento, pois devido a sua textura, provoca sensação de saciedade (SILVA, 1996).

Segundo Protzek (1997), o principal constituinte da maçã, baseado em sua quantidade, é a água (cerca de 85%). No entanto, os constituintes de maior valor alimentício são os carboidratos, sendo que aproximadamente 75% dos carboidratos da maçã consistem em açúcares facilmente assimilados pelo homem.

O nível de tecnologia utilizada em pós-colheita no Brasil ainda é considerado baixo, com exceção feita para a cultura da maçã no sul do país, onde graças à iniciativa privada, aos incentivos à pesquisa, à melhoria da qualidade das frutas, ao aumento do valor da mesma no mercado internacional e à adoção de tecnologias apropriadas de armazenamento, verifica-se uma grande expansão no nível tecnológico em pós-colheita desta fruta (KLUGE *et al.*, 1997).

A maçã apresenta grande adaptabilidade à desidratação, havendo, na atualidade, os mais diferentes tipos de corte para os mais variados empregos. Os tipos mais comuns são em rodela ou fatias de um centímetro de espessura, em pedaços, em cubos de um centímetro de lado e também em pó. As maçãs secas costumam ser utilizadas como ingredientes em receitas de tortas, compotas, cremes e doces ou, ainda, em chás e infusões (HONORES, 1995).

Secagem é um dos processos comerciais mais utilizados para a preservação da qualidade de alimentos. Consiste na remoção de grande parte da água inicialmente contida no produto, a um nível máximo de umidade no qual possa ser armazenado em condições ambientais por longos períodos (ROSSI e ROA, 1980).

Apesar dos aspectos positivos, a secagem pode alterar as características sensoriais e o valor nutricional dos alimentos, e a intensidade dessas alterações é dependente das condições utilizadas no processo de secagem e das características próprias de cada produto. As frutas desidratadas devem preservar o sabor, o aroma

e a cor originais, e devem, preferencialmente, estar livres de aditivos químicos e apresentar textura semelhante ao do produto fresco. Na secagem de alimentos a relação entre as condições de processamento e a qualidade do produto é mais complicada que em outros tipos de processos. Tal fato é devido, principalmente, à temperatura e umidade. As taxas de degradação dos atributos de qualidade, normalmente, são funções destes dois parâmetros. O escurecimento não enzimático é um parâmetro de qualidade de muita importância para muitos alimentos desidratados. Para alguns tipos de alimentos como assados, café, melaço, o escurecimento é desejado. Entretanto, em outros alimentos como frutas tropicais, por exemplo, o escurecimento é um fator negativo à aparência visual do produto final. Os efeitos de deterioração por escurecimento incluem: decréscimo de valores nutricionais devido à perda de proteínas, desenvolvimento de odores desagradáveis, decréscimo de solubilidade, alteração na textura, destruição de vitaminas e aumento de acidez (RESNICK e CHIRIFE, 1979). No caso da secagem da maçã, a prevenção do escurecimento enzimático e a utilização de uma temperatura adequada são de fundamental importância para a obtenção de um produto de boa qualidade nutricional e sensorial.

O presente trabalho avaliou o efeito da utilização de agentes preservantes da oxidação enzimática, no processo de secagem da maçã e ajustou curvas de secagem para maçãs em um secador de bandejas.

## **METODOLOGIA**

Amostras de maçã foram divididas em lotes, higienizadas, descascadas, retiradas as sementes, cortadas em rodela e pesadas. Para a prevenção do escurecimento enzimático, foram realizados quatro tratamentos: T1: controle, no qual as maçãs foram mantidas por 5 minutos em água destilada sem a adição de agentes preservantes; T2: as maçãs foram mantidas por 5 minutos em solução de ácido ascórbico em água a 0,5%; T3: as maçãs foram mantidas por 5 minutos em solução de ácido cítrico em água a 0,5%; T4: as maçãs foram mantidas por 5 minutos em solução de 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de ácido ascórbico em água. Em seguida, as amostras foram drenadas e acondicionadas em bandejas perfuradas. O peso das bandejas vazias e com as maçãs foi registrado e as bandejas foram acondicionadas em um secador de bandejas, o qual é ilustrado na Figura 1. As cascas resultantes do processamento foram colocadas em solução de 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de ácido ascórbico em água por 5 minutos e também foram drenadas e acondicionadas em uma bandeja no secador.



**FIGURA 1** – Secador de bandejas com amostras.

A temperatura do ar de secagem que entra no secador foi ajustada em 60°C. O peso das bandejas foi monitorado ao longo do processo de secagem até massa constante, para a construção da curva de secagem. Foi retirada porção de 20 g em cada lote para a determinação da umidade inicial das amostras, a qual foi feita por gravimetria deixando a amostra em estufa a 105 °C por 24 horas.

Na construção das curvas de secagem foi utilizado o modelo de Page (1949), o qual destaca-se como um dos modelos de maior sucesso ao descrever a perda de massa versus o tempo em condições constantes de secagem. A Equação 1 apresenta o Modelo de Page:

$$\frac{M_t - M_g}{M_0 - M_g} = e^{-kt^n} \quad (1)$$

Em que  $M_t$  é a massa do produto no tempo  $t$ ,  $M_0$  é a massa de produto no tempo inicial,  $M_g$  é a massa de produto no equilíbrio e  $k$  e  $n$  são parâmetros do modelo. O ajuste do modelo foi feito por regressão não linear por meio do software SigmaPlot.

A comparação dos diferentes tratamentos quanto ao efeito de preservação da cor foi feita por análise visual das amostras desidratadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade inicial das maçãs foi de 86% em média.

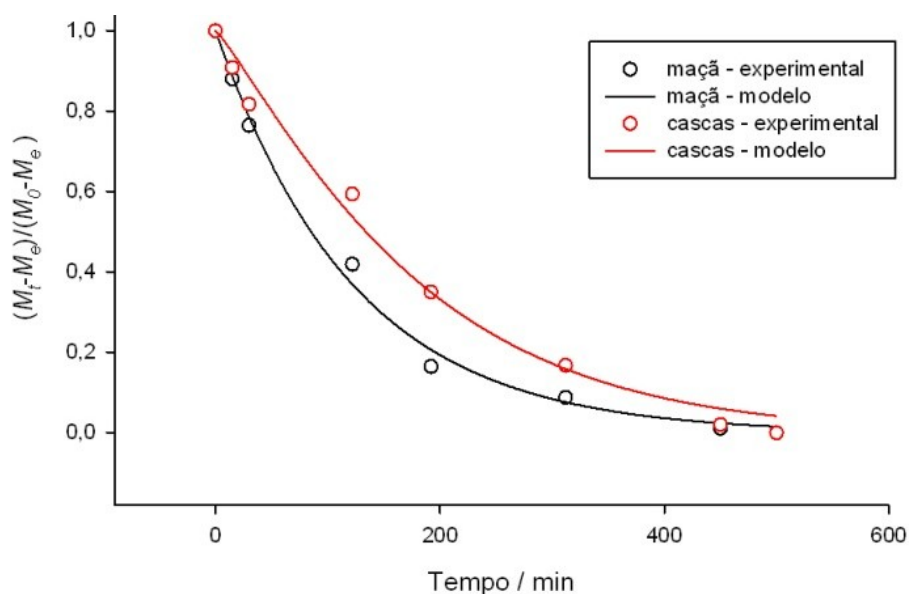
Os modelos ajustados para a curva de secagem são mostrados na Tabela 1.

**TABELA 1** – Modelos para curva de secagem

Produto	Modelo ajustado*	R <sup>2</sup>
maçã	$\frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = e^{-0,0078 t^{1,0107}}$	0,9955
casças	$\frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = e^{-0,0024 t^{1,1548}}$	0,9889

\*Os modelos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F (análise de variância da regressão) e todos os parâmetros foram significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

As curvas de secagem construídas a partir desses modelos, bem como os dados experimentais podem ser visualizadas na Figura 2.

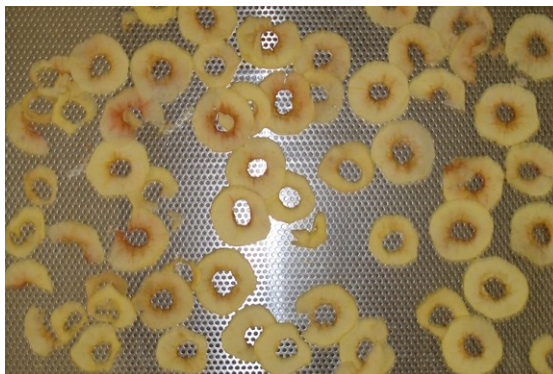


**FIGURA 2** – Curvas de secagem para a maçã e as cascas da maçã.

A coloração do produto desidratado para os tratamentos T1, T2, T3, T4, e para as cascas pode ser visualizada nas Figuras 3, 4, 5,6 e 7, respectivamente.



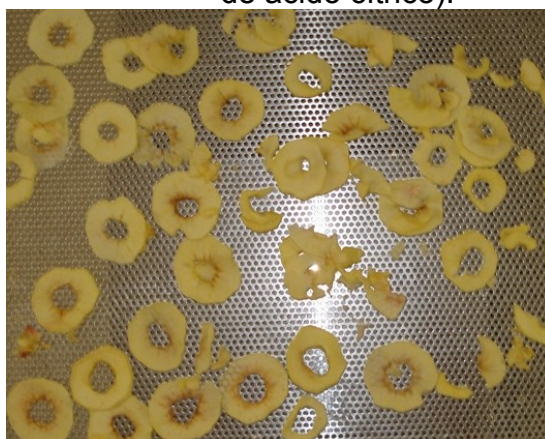
**FIGURA 3** – Maçãs desidratadas - tratamento T1 (controle).



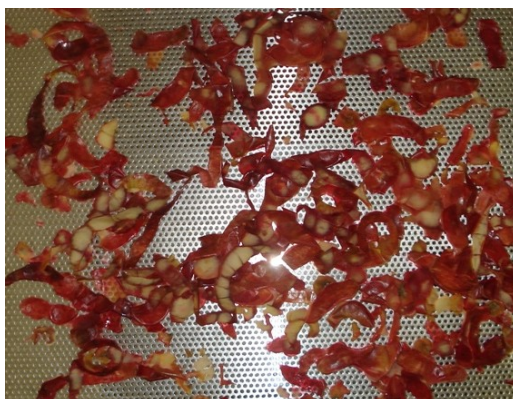
**FIGURA 4** – Maçãs desidratadas - tratamento T2 (0,5% de ácido ascórbico).



**FIGURA 5** - Maçãs desidratadas - tratamento T3 (0,5% de ácido cítrico).



**FIGURA 6** - Maçãs desidratadas - tratamento T4 (0,5% de ácido cítrico mais 0,5% de ácido ascórbico).



**FIGURA 7** – Cascas desidratadas.

Pela Tabela 1 e pela Figura 2 pode-se observar que o modelo de Page é adequado para descrever as curvas de secagem para a maçã em fatias e para as cascas da maçã, uma vez que os modelos ajustados foram significativos estatisticamente e as curvas se ajustaram muito bem aos dados, apresentando um coeficiente de determinação de 0,9955 para as maçãs e de 0,9889 para as cascas.

Pela Figura 3, pode-se observar que o tratamento sem a adição de agente preservante obteve um produto escurecido, o que era esperado, uma vez o escurecimento enzimático ocorre no tecido vegetal quando há ruptura da célula e a reação não é controlada.

Comparando a Figura 3 com as Figuras 4, 5 e 6, pode-se observar que os tratamentos 2 (0,5% de ácido ascórbico), 3 (0,5% de ácido cítrico) e 4 (0,5% de ácido cítrico mais 0,5% de ácido ascórbico) inibiram o escurecimento enzimático, sendo que o tratamento 4 foi o mais eficiente no controle do escurecimento. A utilização desses ácidos como aditivos tem a vantagem de que o ácido cítrico já é um ácido naturalmente presente em frutas, como as cítricas, e o ácido ascórbico ser uma vitamina hidrossolúvel.

A Figura 7 mostra que o ácido cítrico combinado com o ácido ascórbico foi eficiente na prevenção do escurecimento da casca da maçã. As cascas proveniente do processamento da maçã pode ser desidratada e utilizada, por exemplo, na fabricação de farinha ou na produção de sachês para infusão.

## **CONCLUSÕES**

O modelo de Page é adequado para descrever a curva de secagem para a maçã e para a casca de maçã.

Todos os agentes preservantes testados inibiram o escurecimento da maçã, sendo que o tratamento que combinou 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de ácido ascórbico foi o mais eficiente, segundo análise visual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D. G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem.** 2003. 149p. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

ANTONIO, G. C. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica (*Musa cavendishi*) e de mamão formosa (*Carica papaya* L.).** 2002. 105p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos.** 2. ed. São Paulo: Editora Globo, 1990. 208p.

HONORES, W. J. C. **Estudo de secagem de maçã (*Malus spp.* Variedade Golden Delicious).** 1995. 84p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado.** 1. ed. Pelotas: Editora e Gráfica da UFPel, 1997, v.1. 163 p.

PAGE, G.E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers.** *MS Thesis*, Department of Mechanical Engineering, Purdue University. 1949.

PROS, J. S. **A maçã e a saúde.** Lisboa: Editorial Presença, 1980, 110p.

PROTZEK, E. C. **Desenvolvimento de tecnologia para o aproveitamento do bagaço de maçã na elaboração de pães e biscoitos ricos em fibra alimentar.** 1997. 94p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba – PR.

RESNICK, S.; CHIRIFE, G. Effect of moisture content and temperature on some aspects of nonenzymatic browning in dehydrated apple. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 2, p.601-605, 1979.

ROSSI, S. J., ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural.** São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. ACIESP, 1980, 295p.

SILVA, S. **Frutas no Brasil.** São Paulo. Ed. Empresa das Artes, p. 169-171. 1996.