

## CINÉTICA DE SECAGEM DE *CHIPS* DE MAÇÃ GALA COM DIFERENTES PRÉ-TRATAMENTOS

KRÜMMEL, Aline<sup>1</sup>; OLIVEIRA, Elizangela Gonçalves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia de Alimentos; <sup>2</sup>Professora Doutora da Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé.  
elizangelaoliveira@unipampa.edu.br

### 1 INTRODUÇÃO

A produção de maçãs no Brasil teve um aumento expressivo de 60% nas últimas três décadas. O país passou a exportar 15 % de sua produção e atualmente, a produção brasileira é exclusivamente das variedades Gala e Fuji. O estado do Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor da fruta, correspondendo a 44% da produção total (Seagri, 2010).

A maçã possui alto teor de umidade, fator que a torna altamente suscetível à deterioração micro-orgânica e o que demonstra a importância de submetê-la a algum método de preservação, pois a incorreta disposição do material pode acarretar problemas de poluição ambiental. Conforme Lenart (2006), ainda que a produção de maçãs tenha mercado internacional, há excedentes de produção, e o seu aproveitamento, na forma de *chips* desidratados, pode ser uma alternativa, podendo evitar perdas e agregar valor. A produção de *chips* de maçã, dependendo do processo, exige poucos investimentos em equipamentos, conservando o produto em condição ambiente e permitindo pequenas escalas de produção.

A secagem é uma importante etapa na indústria de alimentos e uma operação unitária que envolve transferências simultâneas de calor e massa. Os modelos de secagem em camada delgada que descrevem o fenômeno da secagem de produtos são classificados em três categorias: teórico, empírico e semiempírico. Para projetar e controlar um secador, e também definir condições otimizadas de secagem é necessário modelar o processo de secagem em termos de relações matemáticas (Akpinar & Bicer, 2005).

O objetivo do presente trabalho foi analisar a cinética de secagem de maçã (*Pyrus malus*), cultivar Gala, através de modelos semiempíricos e avaliar a textura dos produtos finais.

### 2 METODOLOGIA

#### 2.1 Caracterização da matéria-prima e produção dos *chips*

Foram utilizadas amostras de maçã Gala fornecidas pelo mercado local. As amostras estavam sadias e em boas condições de maturação. Após higienizar os materiais, cortou-se as maçãs em fatias de aproximadamente 2 mm, com o auxílio de um cortador. As amostras na forma de *chips* foram submetidas aos pré-tratamentos com ácido ascórbico e ácido cítrico, ambos na concentração 1%, onde ficaram imersas durante 5 min antes da secagem, objetivando prevenir o escurecimento enzimático. Após, os *chips* de maçã foram distribuídos em bandejas perfuradas com área de 0,022 m<sup>2</sup> e inseridas no secador descontínuo de bandejas,

com o ar de secagem na temperatura de  $60^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  e velocidade de 1 m/s. A secagem dos *chips* de maçãs foi realizada em camada delgada até atingir peso constante. A determinação da umidade inicial das amostras foi realizada em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  durante 24 h. Após a secagem, o produto foi analisado quanto ao parâmetro textura para avaliar-se o a influencia dos pré-tratamentos utilizados.

Para a análise de textura foram realizados ensaios de perfuração em um texturômetro (Stable Micro Systems, TA.XTplus Texture Analyser, Inglaterra), com um PROB de alumínio com 2 mm. A velocidade dos testes foi de 1,5 mm/s e a distância percorrida na perfuração foi de 10 mm, ultrapassando, assim, toda a superfície da amostra. O experimento foi desenvolvido com em quintuplicata e submetido à análise do teste de *Tukey* para interpretação dos dados.

## 2.2 Metodologia de Cálculo

Para a análise da secagem dos *chips* de maçã foram analisados modelos semiempíricos, apresentados na Tab. 1.

Tabela 1: Modelos ajustados aos dados de secagem.

Modelo	Equação
Henderson e Pabis	$Y = A \cdot \exp(-K \cdot t)$
Midilli	$Y = A \cdot \exp(-K \cdot t^n) + b \cdot t$
Page	$Y = \exp(-K \cdot t^n)$

Fonte: Akpınar & Bicer (2005).

onde Y é o adimensional de água livre  $[(X-X_e)/(X_0-X_e)]$ , K é a constante de secagem ( $\text{min}^{-1}$ ), t é o tempo (min), A e n são parâmetros de ajuste. Realizou-se a análise de regressão não-linear com auxílio do *software* estatístico, utilizando a metodologia de estimativa de *Quasi-Newton* e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi utilizado para selecionar o melhor ajuste.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização da secagem dos *chips*

A umidade inicial da maçã Gala *in natura* foi de  $87,10 \pm 0,03\%$  (b.u.). As amostras pré-tratadas apresentaram valores de umidade inicial de  $92,25 \pm 0,33\%$  (b.u.) e  $90,73 \pm 0,38\%$  (b.u.) para ácido ascórbico e ácido cítrico, respectivamente.

A Fig.1 apresenta o comportamento da secagem dos *chips* de maçã como os pré-tratamentos.

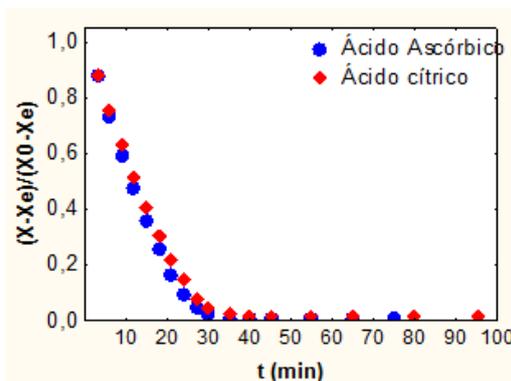


Figura 1: Adimensional de água livre durante a secagem.

Ao analisar as curvas de secagem observa-se que o processo apresentou um período de taxa constante, seguido de um período de taxa decrescente. Para o pré-tratamento com ácido ascórbico 1%, foram necessários 75 min para atingir um conteúdo de umidade final de  $11,49 \pm 0,33\%$  (b.u.) e a amostra pré-tratada com ácido cítrico 1% obteve um conteúdo de umidade final de  $17,60 \pm 0,85\%$  (b.u.) após 95 min de secagem. Pode-se considerar que os valores encontrados para a umidade final em base úmida foram similares aos reportados por Leitão *et al.* (2006), que realizou a caracterização físico-química de maçãs desidratadas para uso em chás.

Os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e das constantes de secagem obtidos após o ajuste dos dados através dos modelos semiempíricos estão apresentados na Tab. 2.

Tabela 2: Valores de  $R^2$  e K para os *chips* de maçã Gala secos e pré-tratados.

Tratamento	Ácido	Ascórbico 1%	Ácido	Cítrico 1%
Parâmetros	$R^2$	$K [min^{-1}]$	$R^2$	$K [min^{-1}]$
Henderson e Pabis	0,9880	0,0806	0,9895	0,0726
Midilli	0,9989	0,0166	0,9991	0,0152
Page	0,9985	0,0197	0,9988	0,0190

Como pode ser observado na Tab. 2, todos os modelos tiveram um bom ajuste aos dados experimentais, obtendo elevados valores de  $R^2$ , mostrando que o pré-tratamento não influenciou na modelagem. No entanto, o modelo de Page foi escolhido por apresentar apenas dois coeficientes, “K” e “n”, sendo, portanto, preferidos pela sua simplicidade e pelo número de coeficientes. O valor de constante de secagem foi aproximadamente  $0,193 \text{ min}^{-1}$ .

### 3.2 Textura

A Tab. 3 apresenta os valores encontrados na análise de textura para as amostras de maçã.

Tabela 3 – Caracterização da textura após a secagem com os pré-tratamentos.

Tratamentos	Força de perfuração (g) <sup>1*</sup>
<i>In natura</i>	$94,56 \pm 0,93^c$
Ácido Ascórbico	$134,30 \pm 4,71^a$
Ácido Cítrico	$100,75 \pm 7,26^b$

<sup>1</sup>n = 5; valor médio  $\pm$  desvio-padrão.

\*Letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

A partir dos dados apresentados na Tab. 3 percebe-se que os dados diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Ao comparar-se com a amostra *in natura* e as pré-tratadas, foi possível perceber que os tratamentos foram eficazes, conferindo maior crocância ao produto. O uso do ácido ascórbico como antioxidante, além de ser totalmente seguro para consumo humano, barato e bem aceito pelos consumidores, pode aumentar o teor de vitamina C. Através da análise de textura observa-se que foi necessária uma maior força de perfuração na amostra pré-tratada com ácido ascórbico, conferindo maior firmeza e crocância aos *chips* de maçã, sendo considerando um importante quesito para a aceitabilidade deste tipo de produto.

#### 4 CONCLUSÃO

Este estudo mostrou que a secagem em camada delgada de maçã Gala para a produção de chips com pré-tratamento ácido, pode ser melhor predita pelo modelo de Page modificado, por ser relativamente simples e apresentar o melhor ajuste global.

A utilização dos pré-tratamentos ácidos nas amostras de maçã antes da secagem contribui para a qualidade do produto final quanto ao parâmetro textura. No entanto, o pré-tratamento com solução de ácido ascórbico 1% foi considerado mais adequado, devido a este conferir ao produto final maior firmeza e um conteúdo de umidade ideal para uma armazenagem.

#### 5 REFERÊNCIAS

AKPINAR, E. K., BICER, Y. Modeling of the drying of eggplants in thin-layers. **International Journal of Food Science and Technology**, 40, 273–28, 2005.

LEITÃO, Angelita Machado; CHIM, Josiane Freitas Chim; ZAMBIAZI, Moema Weber; RODRIGUES, Rosane da Silva. Caracterização físico-química e sensorial de maçãs desidratadas para chás, comercializadas na região de Pelotas/RS. **Anais do XV Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas**. p. 1 – 4, 2006.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and Application. **Drying Technology**, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

SEAGRI, Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Fruticultura: a produção de maçãs no Brasil. Informativo Técnico nº 2, 2010.