

AUTORES
AUTHORS

✉ **Raquel de Pinho Ferreira GUINÉ**

Dep. de Indústrias Agro-Alimentares,
Escola Superior Agrária de Viseu Quinta da Alagoa,
Estrada de Nelas, Ranhados, 3500-606 Viseu, Portugal
e-mail: raquelguine@esav.ipv.pt
Telephone: 351232480600, Fax: 351232426536

RESUMO

Neste trabalho estudou-se a secagem de pêras da variedade D. Joaquina, pelo método tradicional de secagem solar utilizado em Portugal, tendo sido avaliadas as variações de umidade, densidade, volume e dimensões ao longo do processo. Foram também definidos modelos teóricos para representar a geometria das pêras antes e depois da operação de prensagem, a partir dos quais foram calculados valores para a área superficial e para o volume das pêras. Por fim, foi feito um estudo do encolhimento, quantificado através da definição do coeficiente de encolhimento, que foi então ajustado com sucesso a dois modelos encontrados na literatura. Dos resultados obtidos foi possível verificar que a umidade das pêras diminui exponencialmente com o tempo, e que a operação de prensagem influencia significativamente a área superficial das pêras e também, embora em menor grau, o seu volume. Concluiu-se também que os modelos geométricos usados para descrever as pêras antes e depois da prensagem são adequados ao caso em estudo. Do trabalho efetuado foi possível ainda comprovar a forte relação de linearidade entre o coeficiente de encolhimento e a razão de umidade, e ainda o seu bom ajuste aos dois modelos teóricos testados.

ABSTRACT

SOLAR DRYING OF PEARS: EVOLUTION OF DENSITY AND SHRINKAGE CHARACTERISTICS. In this study pears of the variety D. Joaquina were dried by the traditional Portuguese solar drying method, and the variations in moisture content, density, volume and dimensions were registered throughout the process. Theoretical models were defined to represent the pear geometry before and after the pressing operation, and were used to calculate the volume and superficial area of the pears. Finally, the shrinking behaviour was quantified by the shrinking coefficient, which was fitted successfully to two different models found in the literature. From the results obtained it was possible to verify that the moisture content of the pears diminished exponentially with time, and that the pressing operation significantly influenced the superficial area of the pears, and to a lesser degree, their volume. It was possible to conclude that the geometrical models used to describe the pears before and after the pressing operation were adequate for the case under study. From the present study it was also possible to prove the high linearity between the shrinking coefficient and the moisture ratio, and the adequacy of both theoretical models tested to express the experimental data obtained.

PALAVRAS-CHAVE
KEY WORDS

Pêra, secagem, densidade, dimensões, encolhimento,
coeficiente de encolhimento.
Pear, drying, density, dimensions, shrinkage,
shrinking coefficient.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de secagem são baseados na evaporação da água, dando lugar a uma grande perda de massa, que no caso das pêras é bastante significativa, já que estas têm conteúdos de umidade superiores a 80%, resultando num elevado grau de encolhimento. O encolhimento de produtos biológicos, tais como os alimentos, depende fortemente das pressões internas do vapor de água resultante da evaporação, que afeta a remoção da água e a difusão da umidade, bem como a densidade aparente. Assim, o conhecimento das características de encolhimento assume um papel importante na compreensão e modelização dos processos de secagem e ainda no controle das características do produto.

Vários modelos são propostos na literatura para descrever o encolhimento, que é fortemente dependente do conteúdo de umidade. De entre esses modelos destacam-se dois:

$$1. S_b = \frac{0.8+W}{0.8+W_0} \quad (\text{Khraisheh, 1997})$$

e

$$2. S_b = 0.0741 + 0.8121 W/W_0 \quad (\text{Raghvan, 2001})$$

onde S_b é o coeficiente de encolhimento, definido como a razão entre o volume em cada instante de tempo e o volume inicial, $S_b = V/V_0$ (Khraisheh, 1997), e onde W é o conteúdo de umidade em base seca.

Para o estudo das propriedades físicas dos frutos é importante conhecer estimativas para parâmetros geométricos como a forma, tamanho, densidade, volume ou área de superfície. As medições experimentais são normalmente obtidas por fotografia dos objetos junto a uma escala milimétrica. Na maioria dos casos, o fruto pode ser aproximado a formas geométricas conhecidas, permitindo o cálculo do seu volume e área de superfície (Ochoa, 2002).

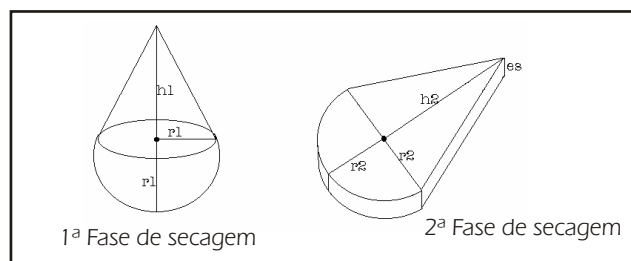
O método tradicional de secagem ao sol utilizado em Portugal para produzir pêra passa, compreende as seguintes fases: 1. Colheita - feita manualmente, 2. Descasque - feito manualmente, 3. Primeira secagem - as pêras descascadas são colocadas em tabuleiros e expostas durante cerca de 5 dias ao sol, 4. Embarrelamento - ao 5º dia as pêras são recolhidas à hora de maior calor, e são abafadas dentro de cestos que são cobertos com mantas e guardados à sombra cerca de dois dias. A umidade e o calor acumulados no interior amolecem consideravelmente a polpa, conferindo-lhe a elasticidade necessária à prensagem, 5. Prensagem - depois de retiradas dos cestos, as pêras são prensadas, 6. Segunda secagem - seguidamente, os frutos estendem-se novamente ao sol onde permanecem por mais dois a quatro dias (Guiné, 2002).

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para o presente estudo foram utilizadas pêras da variedade D. Joaquina, que foram secadas seguindo o método tradicional descrito anteriormente. As pêras foram seleccionadas pelo seu tamanho e forma (usando moldes) com o objectivo de secar pêras semelhantes, cujas dimensões foram determinadas ao longo do processo, por fotografia em papel milimétrico. Ao longo da secagem as pêras foram ainda analisadas quanto ao seu conteúdo de umidade (Balança de Halogénio HG53 Mettler Toledo) e à sua densidade (método do picnómetro com água a 20 °C). Todas as análises foram efectuadas em duplicado.

3. MODELIZAÇÃO MATEMÁTICA

FIGURA 1 Geometria da pera.



A forma das pêras nas duas fases foi aproximada a geometrias conhecidas, como ilustrado na Figura 1, a partir das quais o volume e a área superficial podem ser calculados.

Assim,

Na 1ª fase:

$$3. V1 = \frac{1}{3} r_1^2 (2 r_1 + h_1)$$

$$4. A1 = r_1 (2 r_1 + \sqrt{r_1^2 + h_1^2})$$

Na 2ª fase:

$$5. V2 = \frac{\pi}{6} r_2^2 (2 r_2 + h_2)$$

$$6. A2 = r_2^2 + 2 r_2 h_2 + r_2^2 \left(\frac{2 \pi}{3} \sqrt{r_2^2 + h_2^2} \right)$$

Os resultados obtidos foram compilados sob a forma de gráficos, elaborados com o software gráfico Sigma Plot, versão 8.0 (SPSS, Inc.). Os pontos experimentais foram então ajustados a funções matemáticas que permitem descrever o comportamento das pêras, e que se traduzem pelas equações seguintes:

$$7. H = 10.6785 + 75.4673 \exp(-0.0087 t) \quad [R=0.9896]$$

$$8. \rho = 1.0789 + 0.3193 \exp(-2.7685 W) \quad [R=0.8765]$$

$$9. V = 6.6544 + 8.0837 W \quad [R=0.9703]$$

em que H é a umidade (g de água/100 g de amostra), t é o tempo (horas), ρ é a massa específica (g/cm³), W é o conteúdo de umidade (g/g mat. seca) e V é o volume (cm³).

O coeficiente de encolhimento, $S_b = V/V_0$, foi determinado de duas formas:

(A) directamente fazendo a razão entre V e V_0 , com V e V_0 dados respectivamente pela Equação (9) para W e W_0 , obtendo-se a Equação (10):

$$10. S_b = \frac{0.82 + W}{0.82 + W_0}$$

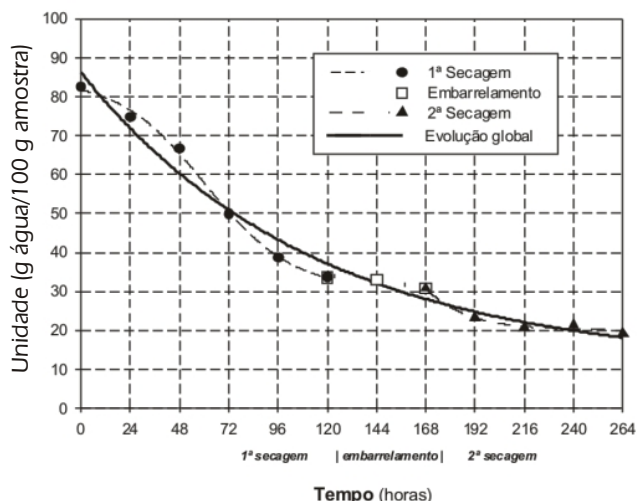
e (B) por regressão linear aplicada aos valores experimentais de

$$11. S_b = 0.1426 + 0.869 W/W_0 \quad [R=0.9975]$$

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Da observação da Figura 2 verifica-se que na 1ª fase da secagem a umidade apresenta uma variação sigmoideal, seguindo o modelo geral de secagem, com uma fase inicial de baixa velocidade devido à utilização da energia para o aquecimento do alimento, a que se segue uma fase em que a perda de água é muito acentuada, e com tendência para estabilizar na parte final quando a umidade presente já é muito baixa. Durante o embarrelamento praticamente não há variação da umidade das pêras, já que estas não estão expostas ao sol, e na 2ª fase verifica-se uma variação exponencial decrescente, embora a perda de umidade nesta fase seja bastante menos significativa do que na 1ª fase. Em termos globais, a variação da umidade ao longo do tempo de secagem segue um comportamento exponencial decrescente, descrito pela Equação (7).

FIGURA 2 Evolução da umidade ao longo do processo de secagem.



Relativamente à massa específica, Figura 3, verifica-se que esta aumenta exponencialmente com a perda de umidade (Equação (8)), tendendo para um máximo que será correspondente à densidade dos sólidos secos, e que será de 1.3982 g/cm^3 segundo a Equação (8).

FIGURA 3 Variação da massa específica com o conteúdo de umidade.

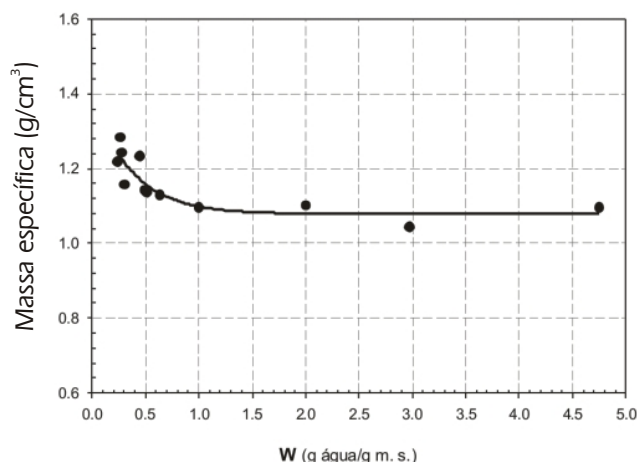
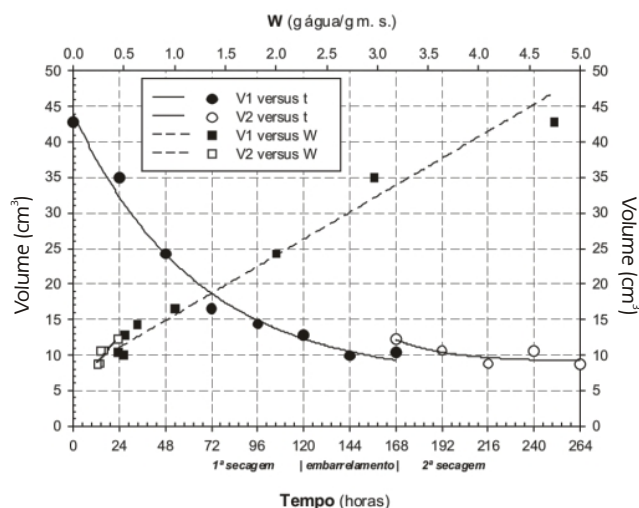


FIGURA 4 Variação do volume com o tempo e com o conteúdo de umidade.



Da observação da Figura 4 conclui-se que o comportamento da variável volume é semelhante nas duas fases da secagem, apresentando variações exponenciais decrescentes ao longo do tempo e variações lineares com o conteúdo de umidade. Verifica-se ainda que a operação de prensagem praticamente não tem influência no volume, apresentando esta variável variações praticamente contínuas.

Da observação da Figura 5 conclui-se que a área de superfície diminui exponencialmente com o tempo e linearmente com a perda de água, antes e depois da prensagem, à semelhança do que se verifica com o volume. Contudo, neste caso a operação de prensagem aumenta significativamente a área superficial, já que a forma esférica é caracterizada por apresentar a menor relação A/V .

Na Figura 6 dois tipos de pontos experimentais foram utilizados para obter a variação global, traduzida pela Equação (9): 1 o volume foi determinado experimentalmente por

FIGURA 5. Variação da área de superfície com o tempo e com o conteúdo de umidade.

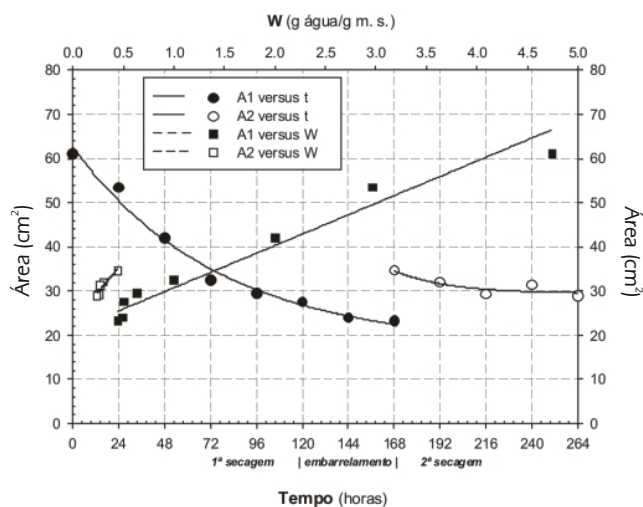


FIGURA 6. Variação do volume com o conteúdo de umidade.

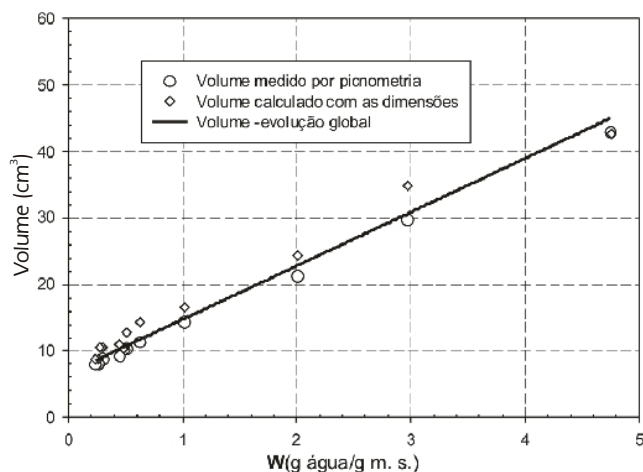
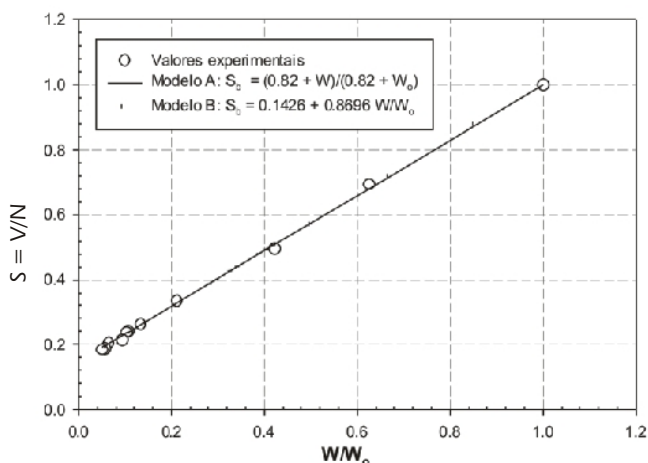


FIGURA 7. Variação do coeficiente de encolhimento com a razão de umidade.



picnometria e o volume foi calculado pelas Equações (3) e (5), a partir dos valores experimentais das dimensões. Verifica-se que os dois conjuntos de pontos são bastante semelhantes, embora os dados do volume medido sejam aparentemente mais uniformes do que os volume calculado, traduzindo a maior precisão das determinações por picnometria em relação às observações das dimensões.

Na Figura 7 é apresentado o coeficiente de encolhimento versus a razão de umidade para os dois modelos testados, juntamente com os pontos experimentais, sendo possível comprovar a forte linearidade entre estas duas variáveis. Por outro lado, as expressões obtidas a partir dos dados experimentais para os dois modelos, traduzidas pelas Equações (10) e (11) apresentam-se muito semelhantes a modelos da literatura, respectivamente Equações (1) e (2), ainda que para outros alimentos.

5. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos foi possível estabelecer que a umidade das pêras diminui exponencialmente ao longo do processo, enquanto a sua massa específica aumenta exponencialmente com a perda de umidade. Foi ainda observado que a operação de prensagem influencia significativamente a área superficial das pêras, praticamente não tendo influência sobre o seu volume, e que este diminui linearmente com a perda de umidade. Por outro lado, os modelos geométricos usados para descrever as pêras antes e depois da prensagem apresentam-se adequados ao caso em estudo, havendo uma forte relação de linearidade entre o coeficiente de encolhimento e a razão de umidade. Por fim, foi possível verificar que o coeficiente de encolhimento se ajusta bem aos dois modelos teóricos testados.

6. REFERÊNCIAS

- GUINÉ, R. P. F.; Castro, J. A. A. M. Pear Drying Process Analysis: Drying Rates and Evolution of Water and Sugar Concentrations in Space and Time. *Drying Technology*, v. 20, n. 7, p. 1515-1526, 2002.
- KHRAISHEH, M. A. M.; COOPER, T. J. R.; MAGEE, T. R. A. Shrinkage Characteristics of Potatoes Dehydrated Under Combined Microwave and Convective Air Conditions. *Drying Technology*, v. 15, n. 3&4, p. 1003-1022, 1997.
- OCHOA, M. R.; KESSELER, A. G.; PIRONE, B. N.; MÁRQUEZ, C. A.; MICHELIS, A. Volume and Area Shrinkage of Whole Sour Cherry Fruits (*Prunus Cerasus*) During Dehydration. *Drying Technology*, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2002.
- RAGHVAN, G. S. V.; SILVEIRA, A. M. Shrinkage Characteristics of Strawberries Osmotically Dehydrated in Combination with Microwave Drying. *Drying Technology*, v. 19, n. 2, p. 405-414, 2001.