

8<sup>th</sup> INTERNATIONAL CHEMICAL ENGINEERING CONFERENCE

# CHEMPOR' 2001

Editors  
**F. Ramôa Ribeiro**  
**J.J.C. Cruz Pinto**

2

Organized by



UNIVERSIDADE  
de AVEIRO

Centro Cultural e de Congressos de Aveiro

Aveiro, Portugal  
12-14 September 2001

# EVOLUÇÃO DOS PERFIS RADIAIS DE HUMIDADE E CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCARES DURANTE A SECAGEM DE PÊRAS

**Raquel P. F. Guiné<sup>(1)</sup>; José Almiro A. M. Castro<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Dep. de Indústrias Agro-Alimentares, Escola Superior Agrária de Viseu, Campus Politécnico, Repeses, 3504-510 Viseu (raquelguine@esav.ipv.pt);

<sup>(2)</sup> Dep. de Engenharia Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Polo II, Pinhal de Marrocos, 3030-290 Coimbra (eq1jmc@eq.uc.pt)

## Resumo

Em Portugal produzem-se pêras secadas ao sol por métodos artesanais, constituindo no entanto um produto alimentar apreciado e com grandes potencialidades, que poderá ser produzido em maior escala por meio de métodos industriais de secagem.

Dada a importância do conhecimento dos fenómenos que ocorrem durante a secagem, neste trabalho conduziram-se experiências no sentido de determinar a evolução das concentrações de açúcar e humidade em função da posição radial nas pêras ao longo do tempo de secagem.

Dos resultados obtidos para os perfis radiais de humidade foi possível constatar a diminuição da humidade ao longo do tempo, sendo esta diminuição mais acentuada inicialmente na periferia, mas atingindo no final valores interiores próximos dos da periferia.

Relativamente à evolução dos perfis radiais de concentração de açúcares verificou-se um aumento gradual da concentração de açúcares ao longo do tempo, sendo esse aumento mais significativo na periferia do que no centro. O perfil de concentrações evolui ao longo da secagem para um perfil radial mais assimétrico do que o inicial, devido ao encolhimento da amostra e associado, possivelmente, a fenómenos de migração dos açúcares através da pêra.

## 1 – Introdução

A secagem de frutos é um método de conservação com tradições milenares (Rafael, 1981), que tem sobre os outros métodos de conservação de alimentos algumas vantagens económicas associadas à redução do tamanho e peso do produto, facilitando o transporte e armazenamento sem que se verifique a necessidade de usar sistemas de frio.

Em Portugal produzem-se pêras secadas ao sol por métodos artesanais, constituindo um produto bastante apreciado mas tendo contudo pouca expressão em virtude dos seus baixos níveis de produção. De facto, o método tradicional de secagem é muito moroso, requer muita mão de obra e espaço para a secagem, e, uma vez que é realizada ao sol sem as melhores condições higiénicas, conduz a uma significativa percentagem de rejeições (Ferreira, 1997).

É assim de todo o interesse tentar adaptar este processo a uma escala mais ou menos industrial, tornando-o num processo produtivo rentável e competitivo, e colocando à disposição do consumidor produtos de qualidade num segmento de mercado que está muito longe de estar saturado (Castilho, 1932; Cunha, 1996).

Neste sentido, o estudo dos fenómenos que ocorrem durante a secagem é fundamental para o conhecimento do processo e consequentemente para a sua optimização (Rafael, 1981).

Durante esta operação ocorrem fenómenos conjuntos de transferência de calor e massa no interior dos produtos e na fronteira com o meio envolvente, e vários têm sido os trabalhos realizados no sentido de os modelizar. A maior dificuldade que se apresenta nestes casos é, sem dúvida, o facto de as dimensões e a forma do próprio fruto variarem ao longo do processo (Parroufe, 1988).

A maioria dos modelos de secagem é baseada numa estratégia de representação unidimensional, havendo, contudo, alguns modelos tridimensionais mas, mesmo esses, apenas contemplam as variações de humidade e temperatura (Mulet, 1989).

No caso dos frutos, e particularmente das pêras, as concentrações de açúcares são relativamente elevadas e aumentam muito significativamente à medida que se evapora a água, sendo de grande relevância estudar também a evolução desta variável. Este estudo revela-se de alguma importância já que na literatura sobre secagem não tem sido abordado nem em termos de evolução temporal da concentração global de açúcares e menos ainda em termos de variações espaciais dessa concentração.

## 2 – Metodologia

Neste trabalho as pêras (da variedade D. Joaquina) foram descascadas e colocadas inteiras a secar em tabuleiro em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura constante de 30 °C. De 24 em 24 horas foram recolhidas amostras para análise, sendo estas efectuadas em duplicado a elementos circulares de pêra correspondentes a 4 posições radiais distintas: superfície (R), 3/4R, 1/2R e 1/4R (ver esquema da figura 1).

De notar que no centro se encontram as sementes, não havendo, portanto, polpa para analisar, e ainda que R varia com o tempo devido ao encolhimento das amostras.

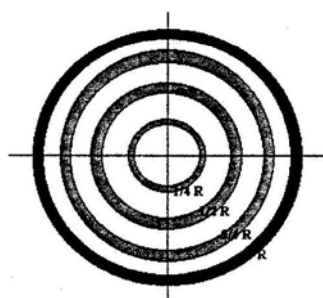


Figura 1 – Esquema dos cortes efectuados para análise.

A humidade foi determinada com balança de Halogénio (Mettler Toledo HG53) e os açúcares totais foram determinados em °Brix por refractometria (refractómetro de bancada Atago-3T) após preparação da amostra segundo a NP-783.

## 3 – Discussão de resultados

Nas figuras 2 e 3 são apresentadas as evoluções temporais dos perfis radiais de humidade e de concentração de açúcares totais nas pêras. Da observação do gráfico da figura 2 é possível verificar em termos globais uma diminuição da humidade nas pêras ao longo do

tempo, sendo essa diminuição mais acentuada inicialmente na periferia, i.e., na posição radial correspondente a R. No centro da pêra a perda de humidade é menos acentuada de início, mas no final acaba por atingir aproximadamente os mesmos níveis da periferia. No gráfico da figura 3 observa-se um aumento gradual na concentração de açúcares ao longo do tempo, sendo esse aumento mais significativo na periferia do que no centro. De facto, verifica-se que o perfil concentrações de açúcares evolui para um perfil radialmente mais assimétrico do que o perfil inicial, facto que não se verifica com a humidade.

Fazendo uma análise mais detalhada dos gráficos das figuras 2 e 3, verifica-se que nas primeiras horas da secagem (de 0 até 96 horas) se desenvolve uma diferença muito significativa entre as condições de humidade no interior do fruto e na periferia (figura 2). De facto, nesta fase dá-se a remoção rápida da humidade periférica, que corresponde à água de mais fácil eliminação, por ter percursos de difusão mais curtos. Naturalmente que uma diminuição do conteúdo de humidade nas zonas periféricas tem como consequência um natural aumento da concentração de açúcares nessas mesmas zonas (figura 3).

Na fase seguinte, correspondente aos estágios intermédios da secagem, há uma diminuição mais ou menos constante da humidade nas várias posições radiais, a que corresponde um aumento também sensivelmente constante da concentração de açúcares. Este comportamento é visível nos gráficos das figuras 2 e 3 pela forma aproximadamente paralela dos perfis de humidade e concentração de açúcares para o período compreendido entre as 96 e as 144 horas.

Na fase que se segue (das 144 para as 192 horas) dá-se a compensação dos perfis radiais de humidade e concentração de açúcares, já que há um decréscimo significativo da humidade central, praticamente não variando a humidade periférica, havendo um correspondente aumento significativo da concentração de açúcares no interior, embora acompanhado de um aumento ligeiro nas zonas periféricas. De facto, nesta fase a água periférica já é reduzida, limitando-se praticamente à água ligada quimicamente, de remoção mais difícil, sendo então mais fácil eliminar a água do interior, ainda que sujeita à difusão até à superfície.

Na fase final da secagem (entre 192 e 216 horas) a remoção da água é praticamente igual ao longo das várias posições radiais, havendo uma tendência para se atingir um perfil radial de humidade aproximadamente constante. Nesta fase já se terá feito a remoção da água livre e ligada por forças mais fracas, ficando apenas a água ligada quimicamente por forças mais fortes, e que é constante ao longo da pêra. Por outro lado, o perfil final de concentração de açúcares não é constante como o da humidade, apresentando um crescimento linear desde o interior até à periferia, o que evidencia que o aumento da concentração de açúcares nas várias posições radiais no final da secagem não se deve apenas à perda de humidade, caso em que deveria apresentar um perfil também aproximadamente constante. Na realidade, o aumento mais significativo na periferia do que no centro, para igual perda de humidade, será devido à conjugação de dois factores: por um lado, é natural o aumento da concentração na zona periférica como resultado directo do encolhimento do fruto, que se processa mais acentuadamente na direcção radial e no sentido de fora para dentro; por outro lado, poderá ocorrer também a migração dos açúcares hidrossolúveis através da pêra, acompanhando a humidade que se difunde do interior para a periferia.

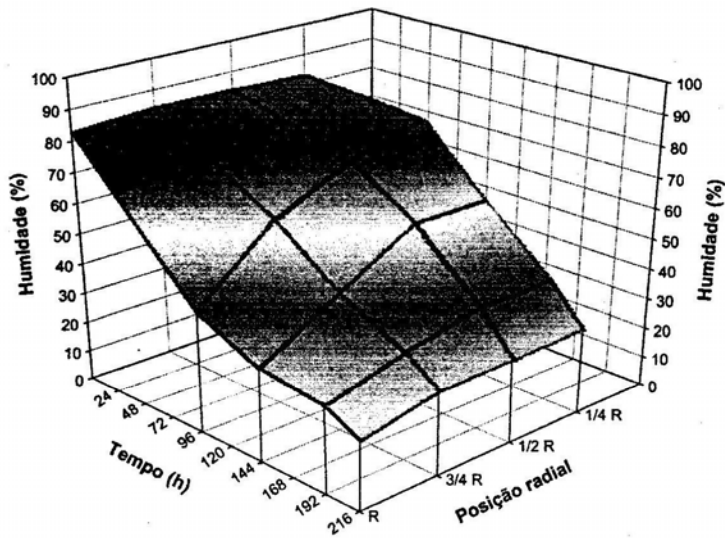


Figura 2 – Evolução dos perfis radiais de humidade ao longo do tempo.

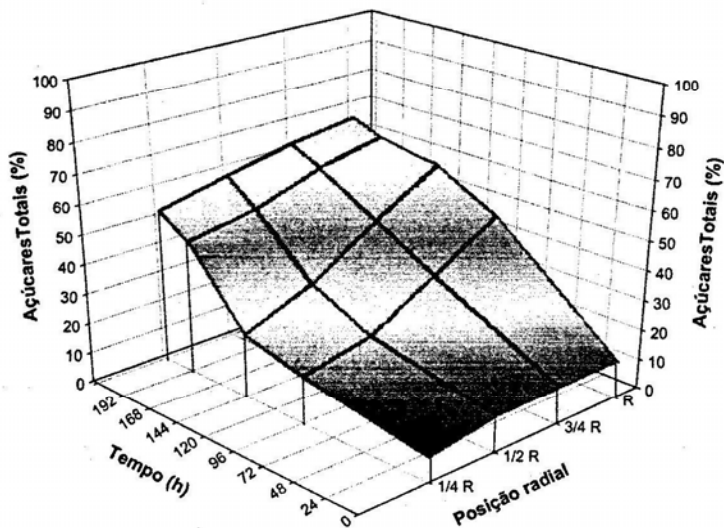


Figura 3 – Evolução dos perfis radiais de concentração de açúcares ao longo do tempo.

#### **4 – Conclusões**

Do presente trabalho concluiu-se que as variações da humidade e da concentração de açúcares no interior das pêras ao longo do tempo de secagem seguem um padrão esperado, tendo em consideração as velocidades de remoção de água e os seus mecanismos de difusão.

Por outro lado, o encolhimento e o eventual arrastamento dos açúcares do interior para a periferia pela água no seu processo de difusão através da pêra, explicam o aumento da sua concentração na zona periférica.

#### **Bibliografia:**

- Castilho, A. – “*A Pêra Passa de Viseu*”, Boletim da Estação Agrária Central, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Série A, nº 7, p. 7-18 (1932)
- Cunha, L. M. O. – “*Maçã Bravo Esmolfe e Pêra Passa de Viseu. Produtos Regionais de Alta Qualidade*”, Terra Fértil, nº 1, p. 10-16 (1996)
- Ferreira, D.; Costa, C. A.; Correia, P.; Guiné, R. – “*Caracterização da Pêra Passa de Viseu*”, Terra Fértil, nº 3, p. 75-79 (1997)
- Fragata, A. – “*A Pêra Passa de Viseu: um Fruto a Renascer?*”, Semente, nº 8/9, p. 23-27 (1994)
- Mulet, A.; Berna, A.; Rosselló, C. – “*Drying of Carrots. I. Drying Models*”, Drying Technology, 7(3), p. 537-557 (1989)
- Mulet, A.; Berna, A.; Rosselló, C.; Piñaga, F. – “*Drying of Carrots. II. Evolution of Drying Models*”, Drying Technology, 7(4), p. 641-661 (1989)
- NP-783: “*Derivados de Frutos e de Produtos Hortícolas. Preparação das Amostras Para Análise*”, Lisboa: Instituto Português da Qualidade (1985)
- Parrouffe, J-M.; Mujumbar, A. S. – “*Bibliography on Mathematical Models of Drying and Dryers*”, Drying Technology, 6(2), p. 305 (1988)
- Rafael, B. L. G. – “*Aproveitamento da Energia Solar na Secagem de Fruta*”, Alimentação, nº 5, p. 23-29 (1981)