

ESTUDO DA INFLÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM NA DIFUSIVIDADE EFETIVA DE CASCAS DE UVA *CABERNET-FRANC* PÓS-FERMENTAÇÃO

GONÇALVES, Carolina F.¹; ARGENTA, Aline B.¹; OLIVEIRA, Elizangela G.²; ROSA; Gabriela S.³

¹ Graduandas do curso de Engenharia de Alimentos/ Universidade Federal do Pampa; ² Prof.^a Dr.^a Engenharia de Alimentos/ Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé; ³ Prof.^a Msc. Engenharia Química/ Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé. elizangelaoliveira@unipampa.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o estado que concentra a maior produção de uvas no país, em torno de 693 toneladas no ano de 2010, destinadas para o consumo *in natura* e elaboração de vinhos, sucos e derivados (EMBRAPA, 2010). As uvas destinadas ao processamento resultam em produtos residuais como cascas, sementes, engaços e pedúnculos. O bagaço (cascas e sementes) é considerado um problema de descarte para as indústrias, visto que, há uma larga produção gerando um grande volume de resíduos (PIRRA, 2005).

Segundo dados industriais, na produção de 100 L de vinho tinto são gerados 25 kg de resíduo sendo 17 kg de bagaço (CAMPOS, 2005). Parte deste resíduo é destinado para complemento de ração animal e adubação de solo, porém apresenta lenta biodegradabilidade. Sendo assim, há a necessidade de se encontrar alternativas para aplicação desse resíduo em outros processos, como a extração de compostos antioxidantes da casca da uva e também sua utilização como adsorvente para o tratamento de efluentes, minimizando assim o impacto no meio ambiente (OLIVEIRA, 2010). Por se tratar de um resíduo agrícola, a secagem é a operação mais aplicável para que sua qualidade e estabilidade sejam mantidas, prolongando o tempo para sua utilização.

A secagem consiste na remoção de água de um material por evaporação até o nível desejado. O material úmido que esta em contato com o ar insaturado diminui o conteúdo de umidade e ocorre a umidificação do ar de secagem. Esta operação pode ser dividida em período de taxa constante e taxa decrescente (MC CORMICK, 1983).

Uma importante correlação na secagem de materiais orgânicos é a lei exponencial (Eq.1), conhecida como modelo de Lewis (semi-teórico), análogo à lei do resfriamento de Newton, esta baseia-se na teoria da difusão e estabelece que a taxa de secagem é proporcional ao teor de água livre do material, onde K é a constante de secagem, X₀ é a umidade inicial do material, X a umidade no ponto e X_e a umidade de equilíbrio do material (base seca) (PARRY, 1985).

$$\frac{dx}{dt} = -K(X - X_e) \quad (\text{Eq.1})$$

A Eq.1 é comumente utilizada na sua forma integrada (Eq.2), a dois parâmetros, denominada modelo de Henderson e Pabis e assim é possível calcular a constante K:

$$\frac{(X - X_e)}{(X_0 - X_e)} = a \cdot \exp(-K \cdot t) \quad (\text{Eq.2})$$

O cálculo da difusividade efetiva de umidade considerando uma placa plana é feito através de uma analogia da segunda Lei de Fick a partir da Eq.2 para tempos longos de secagem, considerando a difusividade efetiva (D_{ef}) e espessura (L_m) constantes e a secagem realizada pelos dois lados (Eq. 3).

$$D_{ef} = \frac{L_m^2 K}{\pi^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

É de fundamental importância o estudo da secagem para a determinação das características desse resíduo (cascas), a fim de otimizá-las para suas futuras aplicações. Em face disso, este trabalho tem por objetivo analisar a influência da temperatura do ar secagem na difusividade efetiva de umidade das cascas de uva pós-fermentação da variedade *Cabernet franc*.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

As amostras utilizadas foram cedidas por uma vinícola da cidade de Bagé, as quais são obtidas do resíduo prensado pós-fermentação do vinho. As cascas foram separadas dos demais componentes do material por peneiramento, pois o óleo contido nas sementes por ser higroscópio dificulta a operação de secagem, impedindo a diminuição da umidade do subproduto.

As amostras foram mantidas sob refrigeração (4°C) antes da operação de secagem para impedir proliferação microbiana. O experimento foi conduzido em estufa de bandejas com escoamento paralelo do ar a 1 m/s nas temperaturas de 60, 70 e 80°C. As cascas foram dispostas em bandejas de tela perfurada com área de 0,0204 m² e espessura de 5mm, permitindo o escoamento do ar por ambos os lados da bandeja.

Os experimentos foram conduzidos realizando a pesagem periódica da amostra até atingir peso constante. Foi determinada a umidade inicial do material, segundo normas analíticas A.O.A.C. (1995). Os dados experimentais foram tratados em *software* estatístico.

Foram construídas as curvas de adimensional de água livre por tempo de secagem para as temperaturas estudadas, a partir desta foram determinados o período de taxa constante, onde a declividade da curva se mantinha constante e o período de taxa decrescente, onde se visualizou a descontinuidade da curva (quebra). Foi calculada a constante de secagem (K) utilizando a forma integrada da lei exponencial (Eq. 2) que é ajustada a dois parâmetros. Foi realizada a regressão não-linear pelo método Quasi-Newton e determinou-se o coeficiente de determinação R² e raiz quadrada do erro médio (Eq. 4) para análise do ajuste. A partir dos valores de K obtidos pela Eq. 2 foi possível calcular a difusividade efetiva da umidade (Eq. 3) para as três temperaturas, considerando L_m a metade da espessura inicial da bandeja.

$$REQM = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X^i_{pre} - X^i_{exp})^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

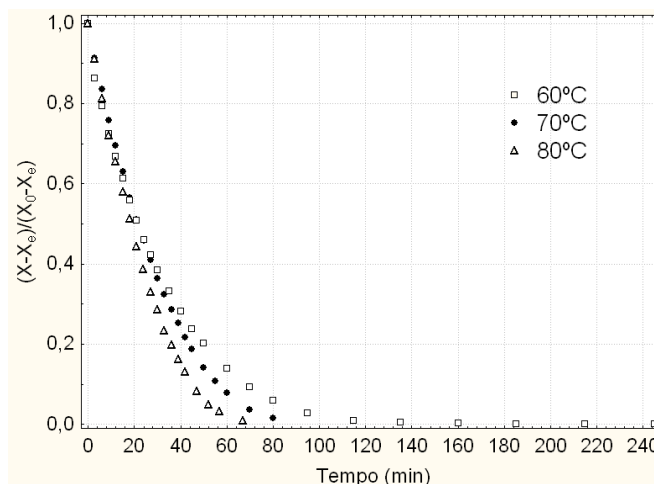
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de temperatura ambiente foram de 25°C e a umidade relativa do ar de 66%. A umidade inicial da amostra foi de 65,93% (b.u.) e umidade

final (b.s.) para as temperaturas de 60, 70 e 80°C foi de 2,5%, 1% e 0,7%, respectivamente.

A curva do adimensional de água livre (b.s.) em função do tempo (Fig. 1) mostra os períodos de taxa constante e decrescente nas diferentes temperaturas e foram utilizadas para o cálculo de K através da Eq. 2, apresentados na Tabela 1.

Figura 1: Adimensional de água livre em função do tempo para as temperaturas de 60,70 e 80°C.



A partir da Fig. 1 é possível identificar a existência de período de taxa constante bem como taxa decrescente, considerando inicialmente apenas evaporação de água pura até atingir umidade crítica (X_c), neste ponto a migração interna de água para a superfície não supre a taxa de evaporação da água livre de superfície e inicia-se a taxa decrescente onde a migração de água do interior do material passa a controlar o processo de secagem até atingir a umidade de equilíbrio (Tab. 1).

Tabela 1: Caracterização da secagem para as temperaturas de 60,70 e 80°C.

T (°C)	Tempo Total (min)	X_c (b.s.)	X_e (b.s.)	K (min^{-1})	a	R^2	Erro	D_{ef} (m^2s^{-1})
60	245	1,2998	0,0250	0,0317	0,9774	0,9993	0,4540	$3,347 \times 10^{-10}$
70	80	0,9760	0,0100	0,0362	1,0387	0,9962	0,5093	$3,816 \times 10^{-10}$
80	67	0,6310	0,0070	0,0444	1,0533	0,9939	0,4983	$4,684 \times 10^{-10}$

O tempo total de processo apresentado na Tab. 1 mostra que o tempo foi reduzido conforme a temperatura de secagem aumentou, o que pode ser comprovado a partir da constante de secagem que é diretamente proporcional ao aumento da temperatura de processo. Com os valores de K determinou-se a difusividade efetiva para cada temperatura de secagem e assim como a constante de secagem esta é proporcional conforme ocorre aumento na temperatura de secagem.

O ajuste dos dados de secagem ao modelo semi-teórico (Eq. 2) foi satisfatório para as três temperaturas, apresentando um valor de coeficiente de determinação de $R^2=0,99$ e erro determinado através da Eq.4 baixo, em torno de 0,5.

Com os valores de K determinou-se a difusividade efetiva para cada temperatura de secagem e esta aumenta à medida que a temperatura de secagem é maior. Segundo estudos feitos por (PINTO e TOBINAGA, 1992) na secagem de alimentos sólidos, os principais mecanismos de transporte envolvidos são

escoamento capilar e difusão de líquido e vapor. Neste processo a difusão foi o mecanismo que controlou o processo, por estes apresentarem um longo período em taxa decrescente. Os valores de difusividade efetiva de umidade foram consistentes comparados com os valores encontrados na literatura: na secagem de sementes de uva *Cabernet franc* o valor foi entre $3,89-8,03 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ (ROBERTS *et al.*; 2008).

A secagem de materiais orgânicos, como no caso das cascas de uva, é de suma importância por fornecer informações a respeito do conteúdo de umidade do material e com isso poder condicioná-los de modo a manter suas características para que possa ser aplicado em outros processos.

4 CONCLUSÃO

A secagem das cascas de uva *Cabernet franc* com escoamento paralelo de ar apresentou períodos de taxa constante e decrescente com umidade de equilíbrio nas temperaturas de 60, 70 e 80°C de 2,5%, 1% e 0,7% (b.s.), respectivamente. A difusividade efetiva de umidade aumentou com a elevação da temperatura de secagem obtendo-se valores na faixa de $3,347-4,684 \times 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, sendo estes de acordo com dados encontrados na literatura para secagem de produtos agrícolas.

5 REFERÊNCIAS

- CAMPOS, Luanda M.A.S. **Obtenção de extratos de bagaço de uva cabernet sauvignon (*Vitis Vinifera*): parâmetros de processo e modelagem matemática**. 2005. Mestrado em Engenharia de Alimentos – Universidade Federal de Santa Maria, Centro Tecnológico, Florianópolis, Fevereiro/2005.
- GABAS, Ana Lúcia. **Secagem de uva Itália em leito fixo**. 1998. Mestrado em Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 20/02/1998.
- MC CORMICK, P.Y. **Solids Drying Fundamentals**. PERRY, R.H. and CHINTON, C.H., Chemical Engineer's Handbook, Estados Unidos: Mc Graw-Hill, 2008.
- MELLO, L.M.R. Vitivinicultura brasileira: panorama 2010. Embrapa Uva e Vinho, 2010.
- OLIVEIRA, Daniela Alves. **Caracterização fitoquímica e biológica de extratos obtidos de bagaço de uva (*vitis vinifera*) das variedades merlot e syrah**. 2010. Mestrado em Engenharia de Alimentos – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2010.
- PARRY, J.L. Mathematical modeling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: a review. **Journal of Agricultural Engineering Researches**, 32: 1-29, 1985.
- PINTO, L.A.A.; TOBINAGA, S.; *et al.* Difusão líquida na secagem de músculos de peixe. In: **ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS**. Anais do XX ENEMP. São Carlos, SP, 1992.
- PIRRA, António José Duque. **Caracterização e tratamento de efluentes vinícolas da região Demarcada do Douro**. 2005. Doutorado em Engenharia Agrícola – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural, Vila Real, 2005.
- ROBERTS, J.S.; *et al.* Drying kinetics of grape seeds. **Journal of Food Engineering**. v.89, n.4, 460-465, 2008.