

CINÉTICA DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA DE POLPA DE MARACUJÁ, UTILIZANDO DIFERENTES ADITIVOS.

Carolina Fontes de Sousa (1); Joyce Salviano Barros de Figueiredo (2); Severina de Sousa (3);

1 Universidade Federal de Campina Grande, carolina.fontes@eq.ufcg.edu.br; 2 Universidade Federal de Campina Grande, Joyce.barros24@hotmail.com; 3 Universidade Federal de Campina Grande, sevsousa@gmail.com.

Resumo: O maracujá tem um alto valor nutritivo e é bem apreciado pelo consumidor brasileiro, porém a conservação desse fruto é bastante difícil. A secagem em leito de espuma (método *foam mat*) é um método considerado simples, rápido e barato por possuir a vantagem de ser executado em baixas temperaturas e por possuir menor tempo de secagem além de obter um produto final em forma de pó. Este trabalho teve como objetivo realizar a cinética de secagem em camada de espuma de polpa de maracujá a temperatura de 80°C, utilizando diferentes aditivos. Foram realizadas três formulações: Formulação 1, contendo 3% de Emustab®; formulação 2, com 3% de Emustab® e 2% de Superliga-Neutra®; formulação 3, 3% de Emustab®, 2% Superliga-Neutra® e 15% de Maltodextrina. Diferentes modelos matemáticos como Henderson & Pabis, Cavalcanti Mata, Midilli & Kucuk, Page e Thompson, foram empregados para prever a secagem, por meio de análise de regressão não linear utilizando-se o Software Statistic 7.0® para obtenção de parâmetros de secagem dos referidos modelos. Foi utilizado como critério de avaliação, o coeficiente de determinação e o desvio quadrático médio (DQM). Constatou-se que os modelos de Cavalcanti Mata e Midilli & Kucuk foram os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais para as condições estudadas.

Palavras-chave: Maracujá, secagem, modelos matemáticos.

Introdução

O maracujazeiro é uma frutífera a qual pertence à família *Passifloraceae*, cujo o fruto maracujá tem um alto valor nutritivo e é bem apreciado pelo consumidor brasileiro, porém a conservação desse fruto é bastante difícil. Em condições ao ambiente natural a aparência visual fica comprometida entre três a sete dias, por causa da elevada perda de água por transpiração e à acentuada atividade respiratória, acelerando o murchamento da casca e diminuindo a qualidade do fruto e acarretando na depreciação do seu valor comercial (VIANA-SILVA *et al.*, 2010).

Existem alguns obstáculos na conservação dos alimentos no estado natural por causa do teor de água livre presente neles, porém, tais problemas podem ser resolvidos lançando mão da utilização de técnicas de conservação, como por exemplo, a desidratação (BEZERRA, 2009).

A conservação por meio da secagem tem como fundamento a remoção da água de um alimento e dessa forma diminuir a deterioração microbológica e taxas de reação de degradação, prolongando a disponibilização dos alimentos sazonais. Através da desidratação o peso e o

volume do produto são reduzidos, aumentando a eficiência do transporte e do armazenamento, além da preservação (SILVA, 2015).

A secagem em leito de espuma (método *foam mat*) é um método considerado simples, rápido e barato por possuir a vantagem de ser executado em baixas temperaturas e por possuir menor tempo de secagem além de obter um produto final em forma de pó. A indústria alimentícia tem dado cada vez mais espaço para os produtos em pó por terem a vantagem do aumento de vida de prateleira além de diminuir os custos com embalagens e transporte (SILVA, 2015).

Na literatura, diversos trabalhos vêm aplicando este método com produtos distintos, como: Fruto do mandacaru (MELO, 2013), polpa da manga (GUIMARÃES, 2014), polpa da graviola (GURGEL, 2014), polpa da seriguela (FURTADO et. al. 2010); polpa da atemoia (GALDINO et. al., 2016), polpa do cajá (FERNANDES, 2010) e secagem da cenoura (DELMIRO, 2016).

E diante da importância de se obter produtos com vida de prateleira prolongada, menores custos operacionais e conservação do valor nutritivo, este trabalho teve como objetivo realizar a cinética de secagem em camada de espuma de polpa de maracujá a temperatura de 80°C, utilizando diferentes aditivos.

Metodologia

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Secagem de produtos agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos (UAEALi) no Centro de Tecnologias e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande.

As matérias primas utilizadas foram a Polpa de Maracujá e aditivos comerciais Emustab®, Super Liga Neutra® e Maltodextrina, adquiridos no comércio em Campina Grande-PB. Foram elaboradas três formulações: Formulação 1, contendo 3% de Emustab®; formulação 2, com 3% de Emustab® e 2% de Superliga-Neutra® ; formulação 3, com 3% de Emustab®, 2% Superliga-Neutra® e 15% de Maltodextrina. Cada formulação foi submetida à agitação por 20 minutos em batedeira doméstica na velocidade máxima do equipamento para a formação da espuma.

As espumas produzidas foram dispostas em bandejas de alumínio de diâmetro conhecido com espessura média de 1 cm. Em seguida foram desidratadas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 80°C. A

remoção da água foi medida pela variação de massa das amostras no decorrer da secagem até massa constante, considerado o equilíbrio dinâmico, conhecendo-se o teor de água inicial. As pesagens foram realizadas com intervalo de cinco minutos. Os experimentos foram realizados em triplicata.

A determinação do teor de água inicial foi realizada em estufa a uma temperatura de 105 °C, por 24 h. A Tabela 1 mostra os valores dos teores de água iniciais de cada formulação.

Tabela 1- Teores de água iniciais

| Formulação | Teor de água inicial (b.u.) % |
|------------|-------------------------------|
| 1 | 91,56 |
| 2 | 86,28 |
| 3 | 81,70 |

Com os dados obtidos durante as secagens, foram calculados os valores para as razões dos teores de água e construídas as curvas de cinética de secagem.

$$RX = \frac{X - X_E}{X_0 - X_E} \quad (1)$$

Em que:

RX – Razão do teor de água, adimensional;

X – Teor de água no tempo, base seca;

X_E – Teor de água de equilíbrio, base seca;

X₀ – Teor de água inicial, base seca;

Os modelos de Henderson & Pabis, Cavalcanti-Mata, Page, Midili & Kucuk e Thompson foram ajustados aos dados experimentais, utilizando-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton com auxílio do software Statistica® 7.0.

Tabela 2- Modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais

| Modelo | Equação | Referências |
|-------------------|---|--|
| Henderson & Pabis | $RX = ae^{(-kt^n)}$ | (Silva <i>et al.</i> 2008) |
| Cavalcanti-Mata | $RX = a_1 e^{((k_1 t)^{a_2})} + a_3 e^{((-k_1 t)^{a_4})} + a_5$ | (Gouveia <i>et al.</i> 2011) |
| Midili & Kucuk | $RX = ae^{(-kt^n)} + bt$ | (Silva <i>et al.</i> 2008) |
| Page | $RX = e^{-kt^n}$ | (Gouveia <i>et al.</i> 2011) |
| Thompson | $RX = \exp\left[\frac{(-a - (a^2 + 4bt))^{0.5}}{2b}\right]$ | Thompson <i>et al.</i> (apud Sousa <i>et al.</i> , 2011) |

RX- Razão do teor de água; a, a₁, a₂, a₃, a₄, a₅, b e n – coeficientes dos modelos matemáticos; k e k₁ – Constantes de secagem e t – tempo de secagem.

Para avaliar o ajuste dos modelos matemáticos, foi utilizado o coeficiente de determinação (R²) e o desvio quadrático médio (DQM) que é dado pela equação:

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (2)$$

onde:

DQM- Desvio quadrático médio;

RX_{pred} – Razão do teor de água predito pelo modelo;

RX_{exp} – Razão do teor de água experimental;

n- número de observações.

Resultados e Discussões

Na Figura 1, encontram-se representadas as curvas de secagem em camada de espuma da polpa de maracujá para as formulações em estudo. Os dados do gráfico estão na forma de razão do teor de água (adimensional) em função do tempo de secagem.

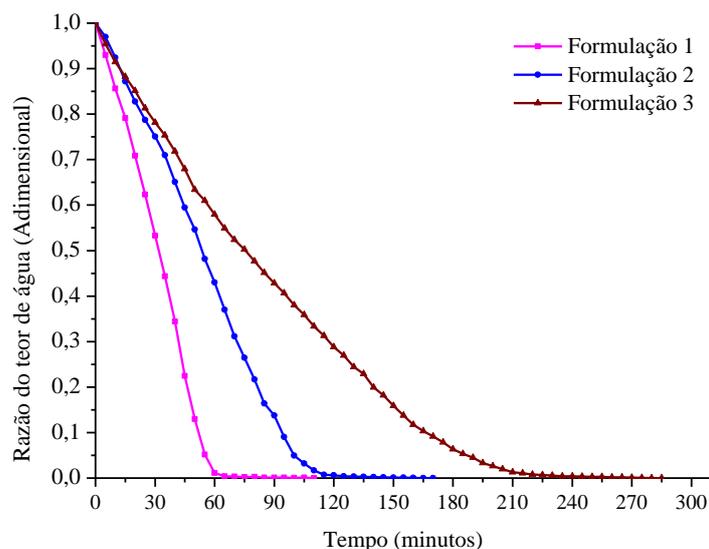


Figura 1- Curvas de secagem das formulações em estudo

Pode-se observar que o menor tempo de secagem foi encontrado para a Formulação 1, usando apenas Emustab®, cujo tempo de secagem foi 1 h e 50 min. Analisando a influência dos aditivos nas formulações sobre o tempo de secagem, pode-se observar que, o incremento de diferentes aditivos aumentou o tempo de secagem. Comportamento que vai de encontro com o estudo realizado por Silva (2015) que, avaliando a viabilidade da secagem do maracujá pelo método *foam-mat* observou variações no tempo de secagem em cinco formulações com diferentes aditivos.

Na Tabela 3, encontram-se os valores dos parâmetros de ajustes dos modelos de Henderson & Pabis, Cavalcanti-Mata, Page, Midili & Kucuk e Thompson, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios durante a secagem.

Dos modelos ajustados, Tabela 3, os que melhor se ajustaram de acordo com os critérios estabelecidos, R^2 superior a 0,997 e DQM inferior a 0,003 foi Cavalcanti Mata e Midili & Kucuk. Os resultados encontrados estão de acordo com os obtidos por Silva *et al.* (2014) que, estudando a cinética de secagem dos grãos do guandu, observaram que os modelos matemáticos de Cavalcanti Mata e Midili & Kucuk foram os que melhor se ajustaram aos dados experimentais para a faixa de temperatura de 40 a 70 °C com R^2 igual a 0,999 e DQM igual a 0,0001. Silva *et al.* (2008) quando estudaram a secagem em camada de espuma de tamarindo concluíram que os melhores ajustes foram encontrados pela equação de Midilli & Kucuk com R^2 superior a 0,997 e DQM

menor que 0,002. Ao estudarem a secagem em grãos de algaroba, Silva *et. al* (2012), chegaram a conclusão que o modelo de Cavalcanti Mata com seis constantes foi o que melhor se adequou aos dados, obtendo R^2 superior a 0,998.

Tabela 3- Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DMQ) dos modelos ajustados aos dados das secagens das amostras.

| Modelo | Formulação | Parâmetro | | | | | | R^2 | DMQ |
|-------------------|------------|-----------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| | | a | k | | n | | | | |
| Henderson & Pabis | 1 | 0,961 | 0,001 | | 2,049 | | | 0,997 | 0,028 |
| | 2 | 0,955 | 0,000 | | 1,861 | | | 0,995 | 0,034 |
| | 3 | 0,952 | 0,001 | | 1,474 | | | 0,997 | 0,023 |
| Cavalcanti-Mata | Formulação | a_1 | k_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | R^2 | DMQ |
| | 1 | 0,474 | 0,026 | 2,216 | 0,474 | 2,216 | -0,010 | 0,997 | 0,026 |
| | 2 | 0,481 | 0,015 | 2,019 | 0,481 | 2,019 | -0,015 | 0,997 | 0,020 |
| | 3 | 0,504 | 0,009 | 1,355 | 0,504 | 1,355 | -0,050 | 0,998 | 0,017 |
| Page | Formulação | k | | | n | | | R^2 | DMQ |
| | 1 | 0,001 | | | 1,945 | | | 0,997 | 0,032 |
| | 2 | 0,001 | | | 1,714 | | | 0,996 | 0,030 |
| | 3 | 0,002 | | | 1,371 | | | 0,996 | 0,027 |
| Midili & Kucuk | Formulação | a | b | k | n | | | R^2 | DMQ |
| | 1 | 0,964 | -0,0001 | 0,001 | 2,007 | | | 0,997 | 0,028 |
| | 2 | 0,983 | -0,0002 | 0,001 | 1,752 | | | 0,998 | 0,024 |
| | 3 | 0,959 | -0,0002 | 0,002 | 1,367 | | | 0,998 | 0,018 |
| Thompson | Formulação | a | | | b | | | R^2 | DMQ |
| | 1 | -3715,98 | | | 10,611 | | | 0,957 | 0,102 |
| | 2 | -3172,02 | | | 7,405 | | | 0,958 | 0,100 |
| | 3 | -5094,91 | | | 7,512 | | | 0,982 | 0,058 |

Os modelos de Page e Henderson & Pabis também mostram bons ajustes aos dados experimentais podendo ser utilizados na predição das cinéticas de secagem em camada de espuma do maracujá.

Conclusões

Os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram o de Cavalcanti Mata e Midili & Kucuk, com coeficiente de determinação superior a

0,997 e DQM menor que 0,003. O tempo de secagem foi afetado pelos aditivos. A formulação que mostrou um menor tempo de secagem foi a que continha apenas Emustab®.

Referências

BEZERRA T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica* L.)**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <<http://www.ppgcta.ufc.br/sulamytha.pdf>. > Acesso em: 30 abr. 2018.

DELMIRO, T.M., **Secagem da cenoura (*Daucus carota* L.) pelo método FOAM-MAT**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016.

FERNANDES, T. K. S. **Secagem em camada de espuma da polpa de cajá**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

FURTADO, G.F.; SILVA, F.S.; PORTO, A.G.; SANTOS, P. **Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.12, n.1, p.9-14, Campina Grande, 2010.

GALDINO, P.O.; FIGUEIREDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. **Drying kinetics of atemoya pulp**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.20, n.7, p.672-677, 2016.

GOUVEIA, D.S; UGULINO, S. M. P; DUARTE, M. E.M; MATA, M.E.R.M.C. **Cinética de feijão preto (*phaseolus vulgaris*, L.) em secador de bandeja**. HOLOS, vol. 1, 2011, pp. 38-48 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Natal, Brasil 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549214004>> Acesso em: 28 maio 2018.

GUIMARÃES, M.K.A. **Secagem em camada de espuma da Polpa de manga CV. Keitt**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2014.

GURGEL, C.E.M.R. **Secagem da Polpa de Graviola (*Annona muricata*) em camada de espuma- Desempenho do processo e características**

do Produto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.2014.

MELO, K. D. S; FIGUEIRÊDO, R. M.F.F; QUEIROZ, A. J. M; FERNANDES, T.K.S; BEZERRA, M.C.T. **Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, abr.-jun., 2013.

SILVA A. C. B. **Estudo da viabilidade da secagem da polpa de maracujá (*Passiflora Edulis*) pelo método Foam Mat.** Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia de Alimentos)- Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Currais Novos, 2015.

SILVA, L.M.M; SOUSA, F.C SOUSA, E. P. MATA, M.E.R.M.C; DUARTE, M.E.M. **Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu.** Campinas, v. 17, n. 4, p. 310-318, out./dez. 2014

SILVA, L.A; MATA, M.E.R. M. C; DUARTE, M. E.M; ALMEIDA, R. D; PAULO, F.F. **Cinética da secagem de grãos da Algaroba.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.14, n. Especial, p.535-542, 2012.

SILVA, A. S; GURJÃO, K.C.O; ALMEIDA, F. A. C; BRUNO, R.L.A; PEREIRA, W.E. **Desidratação Da Polpa De Tamarindo Pelo Método De Camada De Espuma** Ciência agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, nov./dez., 2008.

SOUSA, K.A; RESENDE, O; CHAVES, T. H; COSTA, L.M. **Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*)** Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 4, p. 883-892, out-dez, 2011.

VIANNA – SILVA, T; LIMA, R. V; AZEVEDO, I.G; ROSA, R.C.C; SOUZA, M.S; OLIVEIRA, J.G.O. **Determinação da maturidade fisiológica de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos na região Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Rev. Bras. Frutic, v. 32, n. 1, p. 57-66, 5 fev. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v32n1/aop01210.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2018.