

# AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS APÓS A SECAGEM DE ALGUNS RESÍDUOS DE FRUTAS POR RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

L. G. MENDES<sup>1</sup>, F. GARDUSI<sup>1</sup>, G. ULLMANN<sup>1</sup>, D. I. S. SILVA<sup>1</sup>, M. A. S. BARROZO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Engenharia Química  
E-mail para contato: disegalen@hotmail.com, masbarrozo@ufu.br

**RESUMO** – Assim como a maioria dos resíduos provenientes do processamento de frutas, o resíduo de acerola as cascas do abacate e da mexerica são ricas fontes de vitaminas e do complexo B, além de muitos princípios ativos, que têm forte poder antioxidante auxiliando na prevenção de doenças degenerativas. Uma operação utilizada no processo de aproveitamento deste material é a secagem, facilitando o seu transporte e diminuindo a sua atividade microbiana. O presente trabalho teve por objetivo quantificar os teores dos compostos bioativos: ácido ascórbico, fenólicos e flavonoides, além do teor de acidez do resíduo de acerola e das cascas da mexerica e do abacate quando submetidos à desidratação pela emissão de luz infravermelha. As variáveis estudadas foram o tempo e a temperatura do ar, visando preservar o teor dos compostos bioativos.

## 1. INTRODUÇÃO

As frutas tropicais são comumente consumidas *in natura*, uma vez que suas características de cor, textura, aroma e propriedades nutricionais podem ser melhor apreciadas nestas condições. Entretanto, por serem extremamente perecíveis, são, em sua grande maioria, processadas e tornam-se produtos como sucos, néctares, polpas, geleias e doces. Desta maneira, o processamento colabora com o aumento da vida útil, além de facilitar o transporte e agregar valor ao produto (BARRET *et al.*, 2005). Após o processamento, as frutas geram subprodutos, e estes representam perdas econômicas no processo produtivo e se não receberem destinação adequada podem proporcionar problemas ambientais, devido a sua carga poluidora. Através de vários estudos realizados, constatou-se que após o processamento das frutas para elaboração de sucos e polpas, são obtidos quantia significativa destes resíduos (BÁRTHOLO, 1994).

Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que as frutas são ricas em muitos nutrientes e compostos antioxidantes, e que esses constituintes podem estar concentrados majoritariamente nas cascas e sementes, que são na maioria das vezes descartadas (COSTA *et al.*, 2000; MELO *et al.*, 2008;). O consumo destes alimentos está relacionado a efeitos benéficos à saúde, tais como redução do risco de câncer, Alzheimer, catarata e Parkinson. Estes efeitos são atribuídos às propriedades antioxidantes dos compostos bioativos, os quais inibem a oxidação de moléculas, evitando o início ou propagação das reações de oxidação em cadeia (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2011).

Uma alternativa para viabilizar o uso destes resíduos de frutas na alimentação de animais e do ser humano é a operação de desidratação, para que possa ser armazenada por um longo período de tempo, reduzindo também custos de transporte (JESUS, 2002). Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar e quantificar quatro diferentes compostos: ácido ascórbico total, acidez total titulável, fenólicos totais e flavonoides totais antes e após a desidratação, por radiação infravermelha, do resíduo de acerola e das cascas do abacate e da mexerica.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Material

As cascas de abacate e de mexerica utilizadas nos experimentos foram obtidas em um estabelecimento de hortifruti próximo a Universidade Federal de Uberlândia, no campus Santa Mônica, na cidade de Uberlândia - MG. O resíduo de acerola foi obtido na empresa Frutpres, localizada em Presidente Olegário – MG.

### 2.2. Condições de Secagem

O estudo da secagem foi realizado em um equipamento com o fornecimento de calor através de luz infravermelha. As temperaturas avaliadas para a fonte de calor do equipamento foram 70, 80 e 90 °C.

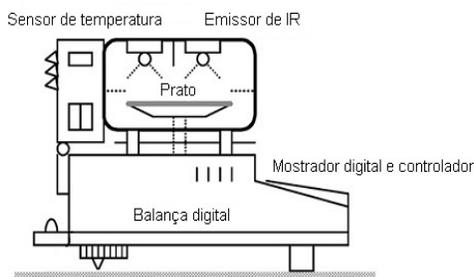


Figura 1 – Esquema do medidor de umidade utilizado para a secagem.

**Procedimento experimental:** Inicialmente, pesou-se o material para a secagem. Após ligar o equipamento, o mesmo foi aquecido até a temperatura previamente estabelecida o prato foi tarado, o sólido depositado e a secagem iniciada. No visor do equipamento era informado o tempo e a porcentagem de água que estava sendo retirada da amostra. A secagem se estendeu até que em um intervalo de 1 minuto a porcentagem não aumentasse mais que 0,1%.

### 2.3. Umidade

A umidade das amostras antes e após a secagem foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C por 24 horas. Após esse período, as amostras foram retiradas, colocadas em um dessecador durante aproximadamente 40 min e, posteriormente, pesadas em balança analítica. A umidade de equilíbrio (método dinâmico) utilizada para o cálculo do adimensional de umidade (MR) foi obtida no final de cada experimento.

## 2.4. Teor de Acidez Total Titulável, de Ácido Ascórbico de Fenólicos Totais e de Flavonoides Totais

A acidez total titulável (expressa em mg de ácido cítrico/100 g amostra) das amostras foi realizada de acordo com os métodos da *Association of Official Analytical Chemists*.

O conteúdo de ácido ascórbico, por sua vez, foi determinado por titulometria, método que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol-indofenol pelo ácido ascórbico, e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico em 100 g de amostra (base seca) (AOAC, 1995).

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotômetro desenvolvido por Folin–Ciocalteu (SINGLETON E ROSSI, 1965). Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico em 100 g de amostra (base seca).

O solvente utilizado para a extração dos flavonoides foi o metanol. O conteúdo de flavonoides totais foi determinado pelo método colorimétrico segundo Zhishen *et al.*, (1999). Os resultados foram expressos em mg equivalente de rutina em 100 g de amostra (base seca).

## 2.5. Tratamento Estatístico

Todas as análises dos compostos antioxidantes foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média  $\pm$  desvio padrão (SD). As médias dos valores obtidos foram submetidas a um teste de hipótese por diferença de médias (teste *t-student*). Na seleção da melhor equação para prever a cinética de secagem foram considerados: a significância dos parâmetros dos modelos, a magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a distribuição dos resíduos que deve ser de forma independente e aleatória. As equações de cinética de secagem que foram analisadas quanto a adequação aos dados experimentais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Equações de cinética de secagem

Equação	Referência
$MR = e^{-kt}$	Lewis (1921)
$MR = Ae^{-kt}$	Brooker <i>et al.</i> (1974)
$MR = A(e^{-kt} + \frac{1}{9}e^{-9kt})$	Henderson & Henderson (1968)
$MR = \exp(-kt^n)$	Page (1949)
$MR = \exp-(kt)^n$	Overhults <i>et al.</i> (1973)

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Cinética de Secagem

Na discriminação estatística de equações rivais (Tabela 1), considerando-se todos os aspectos estatísticos, a equação cinética que apresentou melhores resultados foi a de Overhults. Perazzini *et al.* (2013) também concluíram que a equação de Overhults foi a que melhor descreveu a secagem dos resíduos sólidos orgânicos da indústria suco de frutas cítricas. Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros estimados pela melhor equação para os materiais estudados neste trabalho

Na Figura 2 são apresentados os resultados de cinética de secagem juntamente com a previsão da equação de Overhults do resíduo de acerola e das cascas de mexerica e de abacate, respectivamente

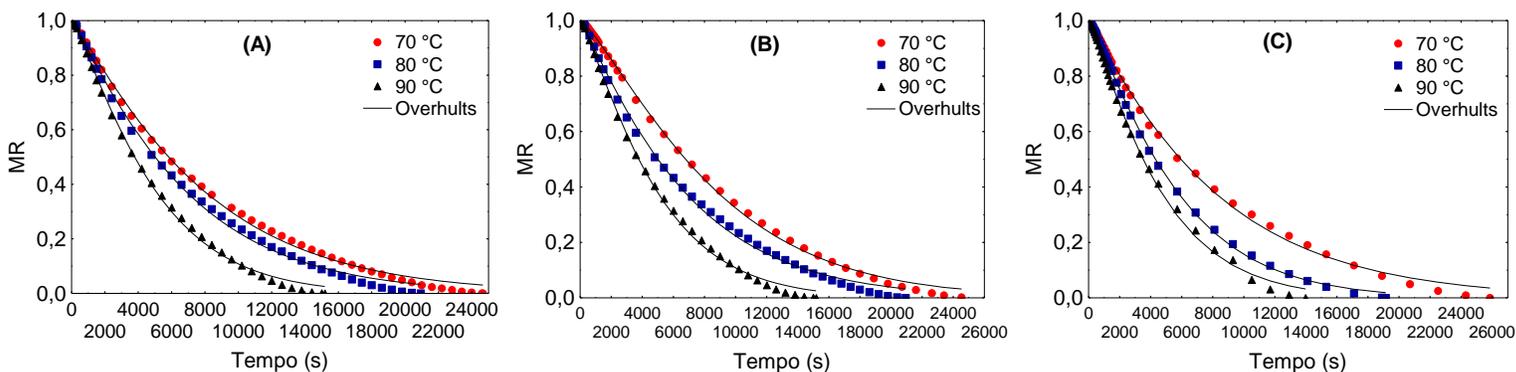


Figura 2 – Cinética de secagem do resíduo de acerola (A) e das cascas de mexerica (B) e de abacate (C) com a predição da equação de Overhults.

As cinéticas de secagem destes materiais ocorrem, como pode ser observado nas Figura 2, principalmente no período de taxa decrescente, conforme também observado em gengibre por Gouveia *et al.* (1997) e para o kiwi por Simal *et al.* (2005). Observa-se também que a casca de abacate foi o material que secou mais rápido (13980 s) na temperatura de 90 °C, quando comparada com a casca de mexerica (17760 s) e com o resíduo de acerola (15180 s). Porém, na temperatura de 70 °C o tempo de secagem obtido para a casca de abacate (25860 s) foi maior que o tempo obtido para a casca de mexerica (24540 s) e para o resíduo de acerola (24660 s).

Tabela 2 – Parâmetros calculados pela equação de Overhults

T (°C)	Casca de Abacate		Casca da Mexerica		Resíduo de Acerola	
	k	n	k	n	k	n
70	0,000120	1,066704	0,000110	1,253403	0,000124	1,119002
80	0,000170	1,166481	0,000131	1,273591	0,000144	1,113813
90	0,000207	1,159920	0,000142	1,319135	0,000195	1,197230
<b>R<sup>2</sup> (média)</b>	0,9989		0,9991		0,9983	

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de umidade dos materiais *in natura* e após a secagem (70, 80 e 90 °C). Observa-se nestes resultados que a redução do teor de umidade foi bastante significativa

Tabela 3 – Umidade (%) antes e após a secagem

	Casca de Abacate	Casca da Mexerica	Resíduo de Acerola
<i>In natura</i>	77,6	75,7	79,2
70 °C	4,4	9,6	7,0
80 °C	3,0	6,9	4,0
90 °C	2,1	4,4	3,2

### 3.2. Análises Físico-Químicas

Avaliou-se neste trabalho a influência que a temperatura e que o tempo de secagem exercem nos teores de ácido cítrico, ácido ascórbico, fenólicos totais e flavonoides totais presentes na amostra após a secagem.

Nas Figuras 3 estão apresentados os teores de ácido cítrico e de ácido ascórbico, respectivamente, dos materiais *in natura* e secos (70 °C, 80 °C e 90 °C).

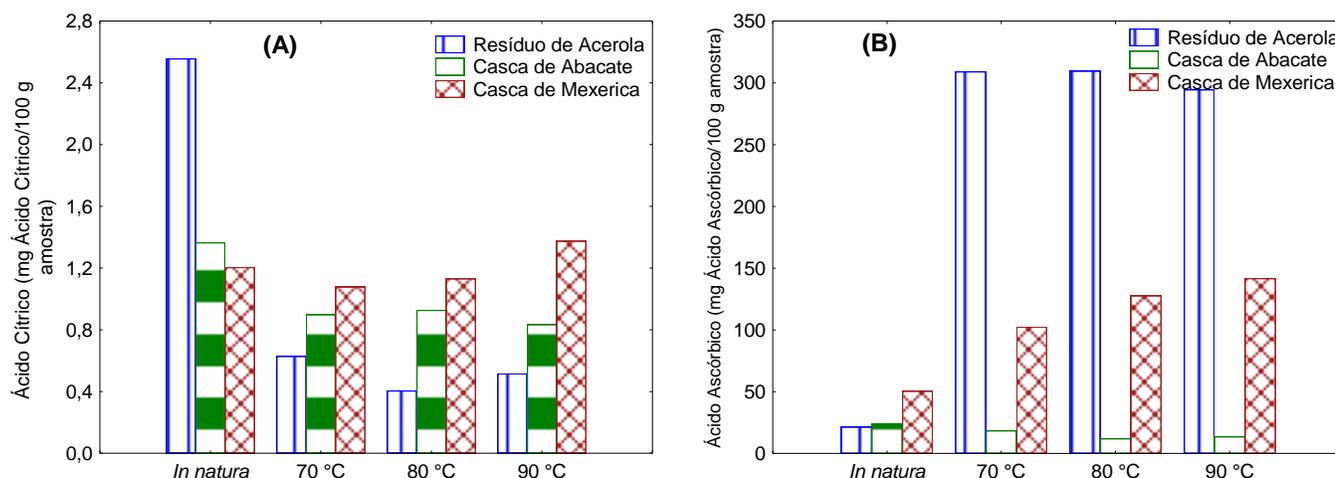


Figura 3 - Teor de ácido cítrico (A) e de ácido ascórbico (B) presente nos materiais estudados frescos e secos.

O ácido cítrico é o ácido mais comumente adicionado em bebidas, especialmente aqueles à base de suco, para o controle do pH, estabilização da cor. Entretanto alguns estudos indicam que o ácido cítrico não fornece um gosto agradável quando adicionado em bebidas (LANTON, 2004). O teor de ácido cítrico (Figura 3A) foi reduzido após a secagem para o resíduo de acerola e para a casca de abacate, porém, para a casca de mexerica observa-se que o teor foi estatisticamente igual nas temperaturas de 70 e 80 °C e um pouco maior na temperatura de 90 °C, quando comparado com os teores dos materiais *in natura*.

O teor de ácido ascórbico (Figura 3B) aumentou significativamente para o resíduo de acerola e para a casca de mexerica após a secagem. O teor de ácido ascórbico obtido para o resíduo de acerola *in natura* foi igual a  $21,47 \pm 1,91$  mg de ácido ascórbico/100 g de amostra enquanto que após a secagem na temperatura de 80 °C foi igual a  $309,74 \pm 28,83$  mg de ácido ascórbico/100 g de amostra. Para a casca de mexerica o aumento foi de  $50,56 \pm 1,89$  (*in natura*) para  $141,7 \pm 5,0$  (seco a 90 °C) mg de ácido ascórbico/100 g de amostra. O aumento do teor de ácido ascórbico após a secagem foi explicado por Dorta *et al.* (2012) pela inativação de enzimas, que ocorre durante a secagem, que degradam alguns compostos bioativos. Esse comportamento foi encontrado para outros tipos de frutas e resíduos reportados na literatura (DUZZIONI *et al.*, 2012; OZGUR *et al.*, 2011). Em contrapartida, para a casca de abacate o teor foi reduzido na secagem a 80 °C ( $12,12 \pm 0,94$  mg de ácido ascórbico/100 g amostra) e também a 90°C, quando comparado ao teor encontrado para a casca de abacate *in natura* ( $24,15 \pm 3,15$  mg de ácido

ascórbico/100 g amostra). Comportamento similar foi obtido por Silva *et al.* (2013) para o resíduo de abacaxi. Isto pode ser devido a degradação térmica, que ocorre em temperaturas mais elevadas.

Nas Figuras 4 estão apresentados os teores de fenólicos totais e de flavonoides totais, respectivamente, antes (*in natura*) e após a secagem (70 °C, 80 °C e 90 °C).

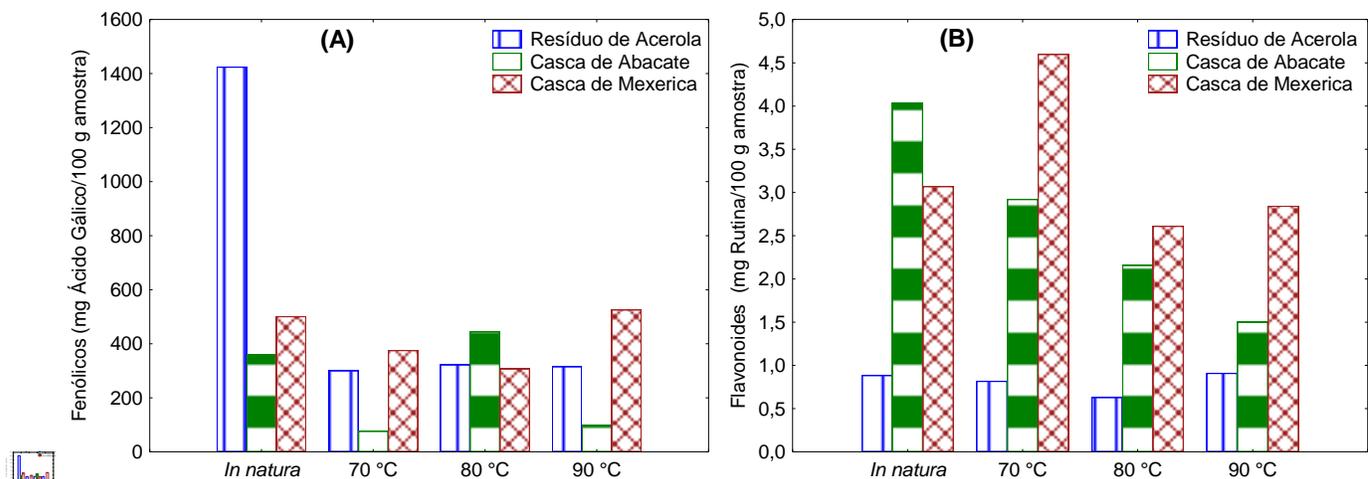


Figura 4 - Teor de fenólicos totais (A) e de flavonoides totais (B) presente nos materiais estudados frescos e secos.

O teor de fenólicos (Figura 4A) obtido para o resíduo de acerola *in natura* ( $1425,27 \pm 111,02$  mg ácido gálico/100 g amostra) reduziu após a secagem. Para a casca de mexerica após a secagem a 90 °C o valor obtido ( $526,14 \pm 20,15$  mg ácido gálico/100 g amostra) foi estatisticamente igual ao valor para o material *in natura* ( $501,61 \pm 32,72$  mg ácido gálico/100 g amostra). Porém, para a casca de abacate *in natura* ( $360,83 \pm 22,12$  mg ácido gálico/100 g amostra) o teor de fenólicos aumentou após a secagem a 80 °C ( $445,00 \pm 14,03$  mg ácido gálico/100 g amostra). Possivelmente, esse aumento é devido a liberação de compostos fenólicos acumulados nos vacúolos das células que possuem suas fibras rompidas após a secagem (CHISM E HAARD, 1996). Comportamento similar ao encontrado neste trabalho para a casca de abacate foi encontrado para o resíduo de abacaxi por Silva *et al.* (2013).

O teor de flavonoides totais (Figura 4B) para o resíduo de acerola foi estatisticamente igual após a secagem na temperatura de 90 °C ( $0,912 \pm 0,04$  mg rutina/100 g amostra), quando comparado com o teor do resíduo *in natura* ( $0,885 \pm 0,01$  mg rutina/100 g amostra). Para a casca de mexerica o maior teor de flavonoides foi após a secagem a 70 °C ( $4,60 \pm 0,34$  mg rutina/100 g amostra), enquanto que na casca de mexerica *in natura* foi encontrado um teor igual a  $3,07 \pm 0,29$  mg de rutina/100 g de amostra. Silva *et al.* (2013) estudaram o resíduo de abacaxi e observaram um aumento no teor de flavonoides após a secagem. Por fim, o teor de flavonoides para a casca de abacate diminuiu com o aumento da temperatura da secagem. Vale ressaltar que a diminuição dos teores de compostos bioativos para alguns materiais após a secagem não torna o material um rejeito, pois ainda se encontram teores em índices consideráveis nesses materiais.

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho avaliou-se o teor de compostos bioativos após a secagem por radiação infravermelha do resíduo de acerola e das cascas de abacate e de mexerica em temperaturas e tempos diferentes. A equação de Overhults foi a que melhor representou os dados da cinética de secagem obtidos experimentalmente dentre as equações estudadas. Houve comportamentos diferentes para o mesmo composto bioativo e materiais diferentes levando a concluir que possivelmente a degradação/liberação desses compostos varia de acordo com o material, da temperatura e do tempo de secagem avaliado. Enfim, a partir dos teores encontrados nos materiais estudados observou-se a importância desses para a produção de um subproduto com o objetivo de prevenir doenças e reduzir os impactos ambientais.

## 6. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelos recursos concedidos para esta pesquisa e também no Projeto de Participação Coletiva em Eventos Técnicos-Científicos (PCE-00082-14). À Universidade Federal de Uberlândia e ao CNPq pelo apoio concedido para a execução do projeto. À empresa Frutpres pela doação do resíduo de acerola.

## 7. REFERÊNCIAS

- AOAC. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD., 1995.
- AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Res. Int.*, v. 44, p. 1866-1874, 2011.
- BARRET, D. M.; SOMOGYI, L. P.; RAMASWAMY, H. S. Processing fruits: *Science and Technology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2005. 841p.
- BÁRTHOLO, G. F. Perdas e qualidade preocupam. *Inf. Agropec.*, v. 17, n. 179, p. 3, 1994.
- BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W., HALL, C.W. *Drying Cereal Grains*. AVI, Westport, CT., 1974.
- CHISM, G.W. & HAARD, N.F. Characteristics of edible plant tissues. *Food Chemistry* (edited by O.R. Fennema) Pp. 943– 1011. New York: Marcel Dekker, Inc, 1996.
- COSTA, R.P.; MENENDEZ, G.; BRICARELLO, L.P.; ELIAS, M.C.; ITO, M. Óleo de peixe, fitosteróis, soja e antioxidantes: impactos nos lipídios e aterosclerose. *Revista da Sociedade de Cardiologia*, São Paulo, v.10, n.1, p.819-832, 2000.
- DORTA, E., LOBO, M.G. & GONZALEZ, M. Using drying treatments to stabilise mango peel and seed: effect on antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*, v. 45, p.261– 268, 2012.
- DUZZIONI, A. G., LENTON, V. M., SILVA, D. I. S.; BARROZO, M. A. S. Effect of drying kinetics on main bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia*

- emarginata D.C.) residue. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 48, p.1041-1047, 2013.
- GOUVEIA, J.P.G., FERNANDEZ, F.R., MURR, F.E.X., PRADO, M.E.T. Ginger desorption rate. Inter-American Drying Conference, Anais, São Paulo, Proceedings, p. 26, 1997.
- HENDERSON, J.M., HENDERSON, S.M. A computational procedure for deep-bed drying analysis. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.13, p.87–95, 1968.
- JESUS, S. S. de. Desenvolvimento e análise do processo de secagem de  $\alpha$ -amilase por micro-ondas a vácuo. 173 f. Dissertação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- LANTON, B., Beyond citric acid. *South African Food Review*, vol. 31 n.4, p.13, 2004.
- LEWIS, W.K. The rate of drying of solid materials. *Indian Chemical Engineer*, v.13, p.427, 1921.
- MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.A.G.L.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v.44, n.2, p.193-201, 2008.
- OVERHULTS, D.G., WHITE, G.M., HAMILTON, H.E., ROSS, I.J. Drying soybeans with heated air. *Transactions of the ASAE*, v. 16 (1), p.112–113, 1973
- OZGUR, M., OZCAN, T., AKPINAR-BAYIZIT, A. & YILMAZ-ERSAN, L. Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 5638–5644, 2011.
- PAGE, G.E. Factors Influencing the Maximum Rates of Air Drying Shelled Corn in Thin-Layer. Purdue University, West Lafayette, IN, 1949.
- PERAZZINI, H., FREIRE, F.B., FREIRE, J.T., 2013. Drying kinetics prediction of solid waste using semi-empirical and artificial neural network models. *Chemical Engineering and Technology*, v. 36 (7), p.1193–1201, 2013.
- PODSEDEK, A. Natural antioxidant and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review. *LWT: Food Science and Technology*, v. 40 (1), p.1–11, 2007.
- SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G. Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during process. *Industrial Crops and Products* SD. p. 557-562, 2013.
- SIMAL, S., FEMENIA, A., GARAU, M.C., ROSELLO, C. Use of exponential and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit. *Journal of Food Engineering*, v.66, p.323–328, 2005.
- SINGLETON, V.L., ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.16, p.144–158, 1965.
- ZHISHEN, J., MENGCHENG, T., JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, v.64, p.555–559, 1999.