

ESTUDO PRELIMINAR DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA COM PULSO DE VÁCUO DE FIGO (*Ficus carica L.*)

R. E. MELLO JR* , F. J. LOPES, A. P. L. SILVEIRA; J. R. J. JUNQUEIRA; K. S. MENDONÇA, J. L. G. CORRÊA

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências dos Alimentos
*e-mail: ronaldo_uba@hotmail.com.br

RESUMO

A desidratação osmótica assistida por pulso de vácuo (PVOD – *pulsed vacuum osmotic dehydration*) é um processo eficiente para obtenção de alimentos parcialmente desidratados. Devido ao seu elevado teor de umidade os figos precisam ser conservados de alguma maneira. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da concentração da solução de sacarose (46,6 a 63,4 °B) e de sua temperatura (31,6 e 48,4 °C) assim como, o tempo de pulso de vácuo aplicado à PVOD (74 mmHg, 0 a 40 min) na incorporação de matéria seca e redução do teor de água. A desidratação osmótica foi realizada por 300 min com proporção amostra/solução de 1:10 (m/m). O planejamento experimental utilizado foi um delineamento composto central rotacional 2^3 , incluindo 6 pontos axiais e 4 repetições no ponto central, totalizando 18 experimentos. O aumento do tempo de pulso de vácuo apresentou efeitos significativos na redução do teor de umidade e incorporação de matéria seca.

1 INTRODUÇÃO

O figo, erroneamente conhecido como fruto, é, na verdade, um receptáculo carnoso de casca fina e macia, cujo interior se encontram os verdadeiros frutos, as sementes e os restos das flores das figueiras, sendo todo o conjunto comestível (FLAISHMAN, RODOV e STOVER, 2008). É, provavelmente, originário da Ásia Oriental e ganhou a região mediterrânea, sendo cultivado atualmente em diversos países (DOYMAZ, 2005). O Brasil apreça como o maior produtor no continente americano, destacando os estados de São Paulo (município de Valinhos) e Minas Gerais,

sendo que a sua região Sul/Sudoeste merece maior ênfase, principalmente os municípios de São Sebastião do Paraíso, Brazópolis e Santa Rita de Caldas.

Figos têm uma grande importância na nutrição, por ser fonte de carboidratos, minerais e vitaminas A, B1, B2 e C. Além disso, estudos comprovam a presença de compostos antioxidantes, como por exemplo a epicatequina (DOYMAZ, 2005; LIANJU et al., 2003; YANG et al., 2009), que lhes conferem propriedades medicinais, podendo reduzir riscos de câncer (SLATNAR et al., 2011; OUCHEMOUKH et al. 2012).

Os figos frescos são muito sensíveis à contaminação microbológica, mesmo em

condições de armazenagem a frio. A desidratação é um processo que visa reduzir o teor de umidade de sólidos e as taxas das reações de degradação, sendo amplamente utilizado na conservação de vegetais (CHAUHAN et al., 2011). Entretanto a exposição de alimentos a altas temperaturas pode acarretar em perdas nutricionais e alterações sensoriais indesejáveis. Uma alternativa viável para obtenção de produtos desidratados com alta qualidade é a aplicação da desidratação osmótica como um pré-tratamento. Este pré-tratamento pode levar a maiores taxas de secagem com consequente redução do tempo de exposição do produto a altas temperaturas (CORRÊA et al., 2014).

A desidratação osmótica (DO) consiste em uma operação de transferência de massa em que a água é removida parcialmente dos alimentos através de imersão em soluções aquosas concentradas, como xaropes ou salmouras (CORRÊA et al., 2014). No decorrer do processo ocorre incorporação de sólidos e diminuição da atividade de água e da velocidade de deterioração dos alimentos (RUIZ-LÓPEZ et al., 2011).

Como a desidratação osmótica é um processo lento por ser, de natureza, difusivo, busca-se aumentar as taxas de transferência de massa, aplicando-se pulsos de vácuo no início do processo de desidratação (FANTE et al., 2011; VIANA, CORRÊA e JUSTUS, 2014) num processo conhecido como desidratação osmótica a pulso de vácuo (PVOD – *pulsed vacuum osmotic dehydration*).

A PVOD consiste na aplicação de vácuo no sistema sólido-solução, por um curto período no início do processo. O uso do vácuo tem como consequência a retirada de gases oclusos. Com a recuperação da pressão do sistema, o líquido que está em contato com o alimento penetra no interior dos poros, devido aos gradientes macroscópicos de pressão e à capilaridade. Este processo envolve uma rápida alteração na composição do alimento com consequências nas propriedades físicas e

de transporte do tecido do alimento (FITO, 1994).

O presente trabalho teve como objetivo uma avaliação inicial do efeito da concentração da solução osmótica e de sua temperatura, assim como, o tempo de pulso de vácuo aplicado na incorporação de matéria seca e redução do teor de água.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os figos verdes (*Ficus carica L.*) foram obtidos junto à Secretaria de Agricultura do município de São Sebastião do Paraíso (MG). Para seleção da matéria-prima foram considerados tamanho, peso, intensidade de cor e firmeza uniformes. Além disso, a ausência de doenças, fissuras e outras injúrias físicas foram levadas em consideração. Os figos foram armazenados em câmara climática com controle de temperatura (8 ± 1 °C) e umidade relativa ($90\pm 1\%$).

2.1 Preparo das Amostras e da Solução Osmótica

As amostras selecionadas foram retiradas da refrigeração e imediatamente sanitizadas e lavadas em água corrente. Os figos foram perfurados (em média 5 furos/cm²) com auxílio de um molde (PACCO, 2003).

A solução osmótica utilizada nos experimentos foi preparada com água destilada e sacarose comercial (Guarani[®]) nas concentrações definidas pelo planejamento experimental.

2.2 Processo de Cocção

Anteriormente ao processamento osmótico, os figos verdes foram submetidos a um processo de cocção em água a 100 °C por 1 hora com o objetivo de facilitar a transferência de massa no processo de desidratação osmótica.

2.3 Desidratação Osmótica Assistida por Pulsos de Vácuo (PVOD)

Os figos foram transferidos para um becker contendo solução osmótica de sacarose. Para todos os ensaios a proporção solução:amostra foi superior a 10:1 (m/m) para evitar diluição significativa da solução proporcionada pela saída de água das amostras (FERNANDES et al., 2008; GARCIA-NOGUERA et al., 2010; CORRÊA et al., 2014).

O processo foi conduzido em um equipamento projetado para operar à pressão atmosférica e também à vácuo com controle de temperatura e pressão (CORRÊA et al., 2014). Os experimentos tiveram tempo total de 300 minutos com pulso de vácuo de 74 mmHg aplicado nos primeiros minutos (CORRÊA, 2010). Após a PVOD, as amostras foram imersas em banho de gelo para cessar a desidratação e retirar o excesso

de solução desidratante e, então, enxaguadas. A água de lavagem superficial foi removida por secagem da superfície com papel toalha (CORRÊA et al., 2014).

2.4 Planejamento Experimental

Os experimentos tiveram suas condições de concentração de solução (X1), temperatura da solução (X2) e tempo de pulso de vácuo (X3) definidas com base em um planejamento experimental fatorial 2^3 completo, com quatro repetições no ponto central e 2n pontos axiais, onde n é o número de variáveis independentes, totalizando 18 experimentos (RODRIGUES e IEMMA, 2012).

A Tabela 1 apresenta a matriz do planejamento fatorial com as condições experimentais utilizadas em cada experimento.

Tabela 1 – Matriz do planejamento fatorial completo 2^3 .

Teste	Concentração - X1 [°B]	Temperatura - X2 [°C]	Tempo de pulso de vácuo - X3 [min]
1	50,00 (-1)	35,0 (-1)	8 (-1)
2	50,00 (-1)	35,0 (-1)	32 (1)
3	50,00 (-1)	45,0 (1)	8 (-1)
4	50,00 (-1)	45,0 (1)	32 (1)
5	60,00 (1)	35,0 (-1)	8 (-1)
6	60,00 (1)	35,0 (-1)	32 (1)
7	60,00 (1)	45,0 (1)	8 (-1)
8	60,00 (1)	45,0 (1)	32 (1)
9	46,59 (-1,68)	40,0 (0)	20 (0)
10	63,41 (1,68)	40,0 (0)	20 (0)
11	55,00 (0)	31,6 (-1,68)	20 (0)
12	55,00 (0)	48,4 (1,68)	20 (0)
13	55,00 (0)	40,0 (0)	0 (-1,68)
14	55,00 (0)	40,0 (0)	40 (1,68)
15	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)
16	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)
17	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)
18	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)

As variações da concentração das soluções de sacarose, da temperatura foram baseadas em estudos de Silva et al. (2013) e Souza (2008). Outra variável estudada foi o tempo de pulso de vácuo aplicado.

As variáveis respostas foram: incorporação de matéria seca (IMS), redução do teor de umidade (RTU), conforme Equações 1 e 2 e atividade de água.

$$IMS = \frac{MS_f - MS_i}{MS_i} \quad (1)$$

$$RTU = U_f - U_i \quad (2)$$

2.5 Análises

As amostras *in natura* e osmoticamente desidratadas foram analisadas quanto ao teor de umidade, atividade de água e sólidos solúveis, conforme as metodologias descritas a seguir.

2.5.1 Determinação do teor de umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a vácuo (pressão ≤ 100 mmHg) a 70°C até peso constante padrão da AOAC, 934.06 (AOAC, 2007).

2.5.2 Determinação da atividade de água

Medidas de atividade de água foram obtidas à temperatura de 25°C com o uso do medidor de atividade de água (Aqualab, Decagon Devices Inc., modelo CX-2T Pullman, Washington, EUA).

2.5.3 Determinação do teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis totais foi obtido com o uso de um refratômetro digital de bancada (Reichert, modelo AR 200, New York, EUA). Os frutos foram macerados e retirados algumas gotas para leitura no refratômetro.

As amostras *in natura* de figo utilizadas nos experimentos de desidratação osmótica apresentaram teores de umidade de $87,40 \pm 0,60$ kg/100 kg de amostra, atividade de água $0,980 \pm 0,003$ e sólidos solúveis totais de $1,14 \pm 0,42$ °Brix. Esses valores são próximos aos observados por Silva et al. (2013).

Após o processamento osmótico, as amostras apresentaram redução no teor de umidade (RTU) e incorporação de matéria seca (IMS) conforme apresentado na Tabela 2, para as diferentes condições estudadas, segundo o planejamento experimental.

Os resultados de IMS estiveram na faixa de $0,08 \pm 0,02$ a $1,15 \pm 0,21$ e de, RTU na faixa de $-14,48 \pm 2,11$ a $-1,03 \pm 0,34$. Em todos os experimentos, constatou-se que a IMS foi superior à RTU, o que é desejado em desidratação osmótica de alimentos, tendo em vista que neste tipo de processo, objetiva-se que a razão RTU/IMS seja a maior possível, ou seja, que haja a maior redução no teor de umidade e menor incorporação de sólidos (MENDES et al., 2013). Os resultados obtidos estiveram próximos aos de Silva et al. (2013) que estudaram a desidratação osmótica de figos. Porém, deve-se observar que, neste estudo, o fruto se encontrava no estágio inicial de maturação. Em tal condição, a porosidade do material é menor, o que dificulta as transferências por osmose. Desta forma, a semelhança de resultados, apesar da diferença na maturação do material, foi possível pelo uso da cocção anterior ao tratamento osmótico e do pulso de vácuo.

A tabela 3 apresenta os efeitos e sua significância (p-valor), possibilitando compreender que para as variáveis respostas (IMS, RTU) os termos lineares e quadráticos com relação à variável tempo de pulso de vácuo (X_3) tiveram efeito significativo ($p < 0,05$). Os trabalhos relacionados à técnica de PVOD indicam melhora no processo de transferência de massa, maior economia

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

quando comparado ao uso de pressão atmosférica ou pressão contínua de vácuo, além de proporcionar tempos mais curtos para

a impregnação de solutos (BARAT, CHIRALT e FITO, 2001; ESCRICHE et al., 2002; PANADÉS et al., 2006).

Tabela 2 – Incorporação de matéria seca (IMS) e redução de teor de umidade (RTU) em desidratação osmótica de figos

Ensaio	IMS	RTU
1	0,770±0,18	-9,480±2,15
2	0,830±0,18	-10,281±2,15
3	0,851±0,20	-10,748±2,61
4	0,816±0,06	-10,768±0,80
5	0,853±0,02	-10,943±0,72
6	0,811±0,15	-10,943±1,54
7	0,520±0,30	-6,530±3,74
8	0,740±0,30	-9,253±3,56
9	0,691±0,25	-8,650±2,53
10	0,755±0,17	-9,622±2,01
11	0,800±1,21	-10,069±4,55
12	0,984±0,08	-12,449±0,52
13	0,082±0,02	-1,034±0,34
14	0,921±0,26	-12,699±3,55
15	1,064±0,27	-12,097±2,93
16	1,150±0,22	-14,482±2,11
17	1,130±0,23	-14,250±2,30
18	0,959±0,11	-12,110±0,74

Tabela 3 – Efeitos estimados para incorporação de matéria seca (IMS) e redução de teor de umidade (RTU) em desidratação osmótica de figos.

Fatores	Efeitos	IMS	p-valor	Efeitos	RTU	p-valor
X ₁ (L)	-0,031001		0,752449	0,2632		0,852908
X ₁ (Q)	-0,211850		0,064067	2,5268		0,114833
X ₂ (L)	-0,007698		0,937383	0,0746		0,958037
X ₂ (Q)	-0,092536		0,375773	1,0257		0,493078
X ₃ (L)	0,252248		0,028968*	-3,1841		0,049186*
X ₃ (Q)	-0,368533		0,005746*	4,1319		0,020105*
X ₁ X ₂	-0,111353		0,395661	1,6195		0,393508
X ₂ X ₃	0,053011		0,680453	-0,5266		0,776824
X ₁ X ₃	0,026773		0,834553	-0,4322		0,815854

*Efeito significativo

As Figuras 1 e 2 representam as superfícies de respostas das variáveis dependentes do processo de otimização da

desidratação osmótica assistida por pulso de vácuo.

Figura 1 - Superfície de resposta para incorporação de matéria seca das amostras de figo submetidas à desidratação osmótica por pulso de vácuo.

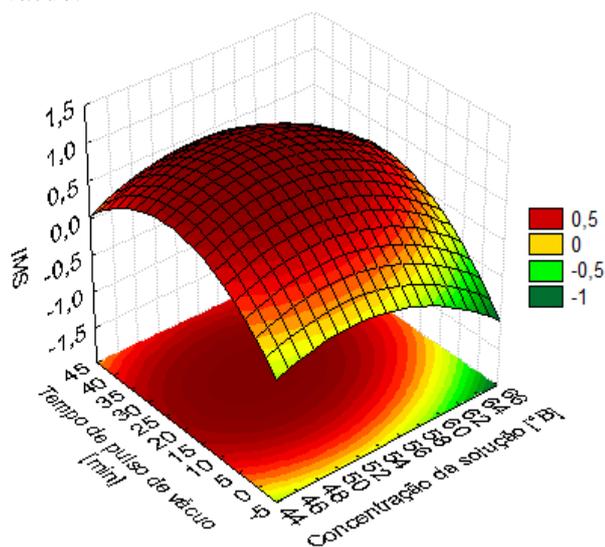
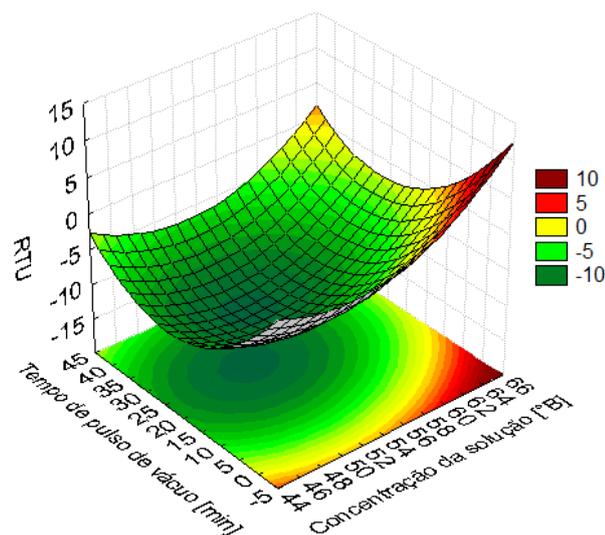


Figura 2 - Superfície de resposta para redução do teor de umidade das amostras de figo submetidas à desidratação osmótica por pulso de vácuo.



Pode-se constatar que houve uma maior incorporação de matéria seca, maior redução do teor de umidade e amostras com menor atividade de água na região próxima da concentração da solução de 55°B e de tempo de pulso de vácuo em torno de 20 minutos.

A influência do tempo de pulso de vácuo tornou-se eficaz combinada com concentração mais elevada de soluções osmótica. Corrêa et al. (2010) estudaram os efeitos da aplicação do pulso de vácuo e concentração da solução na transferência de massa de goiaba e concluíram que a aplicação de vácuo proporcionou maiores perda de água e incorporação de sólidos pelo produto. Os autores ainda destacam que o efeito causado com a aplicação de pulso de vácuo, pode ser explicado pelo mecanismo hidrodinâmico que é ocorre no início do processo. Deng e Zhao (2008) apontam um efeito positivo na aplicação do pulso de vácuo no processo de desidratação osmótica de maçã, encontrando m redução do teor de umidade e incorporação de sólidos ao produto.

Observou-se que as variáveis concentração da solução osmótica (X1) e temperatura da solução osmótica (X2) não apresentaram influência significativa nas variáveis IMS e RTU. A etapa de cocção do figo, embora importante para a posterior desidratação, aumentou o teor de umidade do produto fresco de $87,39 \pm 0,61$ para $91,29 \pm 0,98$ kg de água/100 kg de amostra. Considera-se que este aumento tenha dificultado que se observasse uma influência significativa de X1 e X2 em IMS e RTU. Pretende-se, em um trabalho futuro, acrescentar uma etapa de prensagem do alimento, anteriormente ao processamento osmótico. Acredita-se que a prensagem auxilie nesta avaliação, bem como em uma secagem posterior ao processamento osmótico.

4.CONCLUSÃO

O uso de pulso de vácuo em desidratação osmótica de figo verde pré-cozido proporcionou a obtenção de um produto com teor de umidade parcialmente reduzido aliado a incorporação de matéria seca. Isto sugere a viabilidade deste processo como pré-tratamento para secagem de figo.

NOMENCLATURA

IMS	Incorporação de matéria seca
RTU	Redução do teor de água
MS	Matéria seca
U	Teor de umidade [kg de água/kg matéria seca]
Subscrito	
i	Referente à condição inicial
f	Referente à condição final

REFERÊNCIAS

- AOAC. Official methods of analysis of Association of official Analytical Chemists International.: Gainstherburg: Horwitz 2007.
- BARAT, J. M. CHIRALT, A. FITO, P. 2000: Structural change kinetics in osmotic dehydration of apple tissue, 416., 2000, Amsterdam. **Proc. 12th International Drying Symposium (IDS 2000)**. Amsterdam, 2000. p.1–9.
- CHAUHAN, O. P., SINGH, A., SINGH, A., RAJU, P. S., BAWA, A. S. Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. **International Journal of Food Properties**, v.14, n.5, p.1037-1048, 2011.
- CORRÊA, J. L. G.; PEREIRA, L. M.; VIEIRA, G. S.; HUBINGER, M. D. Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. **Journal of Food Engineering**, v.96, n.4, p.498–504, 2010.
- CORRÊA, J. L., ERNESTO, D. B., ALVES, J. G., ANDRADE, R. S. Optimisation of vacuum pulse osmotic dehydration of blanched pumpkin. **International Journal of Food Science & Technology**, v.49, n.9, p.2008-2014, 2014.
- DENG, Y.; ZHAO, Y. Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji). **Journal of Food Engineering**, v.85, n.1, p.84-93, 2008.
- DOYMAZ, I. Sun drying of figs: an experimental study. **Journal of Food Engineering**, v.71, p.403–407, 2005.
- ESCRICHE, I.; GARCIA-PINCHI, R.; CAROT, J. M.; SERRA, J. A. Comparison of must and sucrose solutions to obtain high quality minimally processed kiwi fruit (*Actinidia chinensis* P.) slices. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n.1, p.87-95, 2002.
- FANTE, C., CORRÊA, J., NATIVIDADE, M., LIMA, J., LIMA, L. Drying of plums (*Prunus* sp, c.v Gulfblaze) treated with KCl in the field and subjected to pulsed vacuum osmotic dehydration. **International Journal of Food Science & Technology**, v.46, n.5, p.1080-1085. 2011.
- FERNANDES, F. A. N., GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: melon dehydration. **Food Science and Technology**, v.41, p.604–608, 2008.
- FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, v.22, n.1, p.313-328. 1994.

FLAISHMAN, M. A., RODOV, V.; STOVER, E. **The Fig: Botany, Horticulture, and Breeding**. New Jersey: J. Janick, 2008.

GARCIA-NOGUERA, J.; GALLÃO, M. I.; WELLER, C. L. Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. **Biological Systems Engineering**, v.1, n.1, p.294–303, 2010.

LIANJU, W.; WEIBIN, J.; KAI, M.; ZHIFENG, L.; YELIN, W. The production and research of fig (*Ficus carica* L.) in China. **Acta Horti**, v. 605, p.191–196, 2003.

MENDES, G. R., FREITAS, C. H., SCAGLIONI, P. T., SCHMIDT, C. G., FURLONG, E. B. Condições para desidração osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.11, p.1210-1216, 2013.

OUCHEMOUKH, S.; HACHOUD, S.; BOUDRAHAM, H.; MOKRANI, A.; LOUAILECHE, H. Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. **Food Science and Technology**, v.49, n.2, p.329–332, 2012.

PACCO, H. C. **Secagem de figo (*Ficus carica* L) da variedade “Gigante de Valinhos” em secador de bandejas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PANADÉS, G.; FITO, P.; AGUIAR, Y.; VILLAVICENCIO, M. N.; ACOSTA, V. Osmotic dehydration of guava: Influence of

operating parameters on process kinetics. **Journal of Food Engineering**, v.72, n.4, p.383-389, 2006.

RODRIGUES, M. I; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**. Campinas: Casa do Pão Editora, 2012.

RUIZ-LÓPES, I. I.; RUIZ-ESPINOSA, H.; HERMAN-LARA, E.; ZÁRATE-CASTILLO, G. Modeling of kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydration carambola (*Averrhoa carambola* L.) in sugar solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 204, p.218–226, 2011.

SLATNAR, A.; KLANCAR, U.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.11696–11702, 2011.

SILVA, J. M.; CANTU, M. G.; RODRIGUES, V.; MAZUTTI, M. A. Influence of osmotic pre-treatment on convective drying kinetics of figs. **International Journal of Food Engineering**, v.9, n. 2, p.187–196, 2013.

SOUZA, S. **Obtenção de Figos Secos por Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

StatSoft Inc. **Statistica® 7.0 User's Guide**.
Tulsa, OK, USA: StatSoft Inc. 2007.

VIANA, A. D., CORRÊA, J. L. G., JUSTUS, A. Optimisation of the pulsed vacuum osmotic dehydration of cladodes of fodder palm. **International Journal of Food Science & Technology**, v.49, n.3, p.726-732, 2014.

YANG, X. M.; YU, W.; OU, Z. P.; MA, H. L.; LIU, W. M.; JI, X. L.. Antioxidant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from *Ficus carica* L. fruit.

Plant Foods Hum. Nutr., v. 64, p.167–173, 2009.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado De Minas Gerais - FAPEMIG, pelo apoio à pesquisa. A Secretaria Municipal de Agricultura do município de São Sebastião do Paraíso (MG) e a empresa Tozzi Alimentos[®], pela parceria estabelecida.