

**ANÁLISE DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO FEIJÃO VERDE (*Vigna unguiculata L. Walp*)****P. V. D. M. QUEIROGA<sup>1</sup>, M. F. D. MEDEIROS<sup>1</sup>, W. MATA<sup>2</sup>, A. L. M. L. MATA<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Departamento de Engenharia Química– Universidade Federal do Rio Grande do Norte<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
priscila@eq.ufrn.br

Artigo submetido em novembro/2011 e aceito em dezembro/2011

**RESUMO**

O objetivo desta pesquisa foi realizar um estudo do processo de desidratação osmótica para o feijão verde (*Vigna unguiculata L. Walp*). O feijão verde utilizado foi adquirido no mercado local (CEASA/RN). Os grãos foram selecionados e branqueados a uma temperatura de 88°C durante 3 min. Os experimentos foram realizados utilizando uma solução osmótica de 5% e 10% de NaCl, com e sem agitação da mesma e em

temperaturas de 25°C e 40°C, totalizando 8 ensaios. Cada ensaio durou 30 minutos. Os resultados obtidos com este estudo apontam como melhor condição de processo o ensaio realizado sem agitação, à temperatura de 25°C e solução osmótica contendo 10% de NaCl. Neste ensaio o feijão apresentou uma perda de água (WL) de aproximadamente 12,69% e um ganho de sólidos (GS) de -0,96%.

**PALAVRAS-CHAVE:** feijão verde, pré-tratamento, conservação, ganho de sólidos, perda de água.**ANALYSIS OF OSMOTIC DEHYDRATION OF GREEN BEAN (*Vigna unguiculata L. Walp*)****ABSTRACT**

The purpose of this research was to realize a study of osmotic dehydration process for green bean (*Vigna unguiculata L. Walp*). The green bean used was obtained from local producers (CEASA/RN) and the grains were selected and blanched in water (88°C for 3 min). The eight experiments, each one of 30 minutes, were realized using an osmotic solution of NaCl with

concentrations of 5% and 10%, for both agitation and non-agitation systems, and for temperatures of 25°C and 40°C. The best osmotic dehydration results were obtained for non-agitation system at 25°C and NaCl concentration of 10%, in which green bean water loss (WL) and solid gain (SG) were 12,69% and -0,96%, respectively.

**KEY-WORDS:** green bean, pre-treatment, conservation, solid gain, water loss.

## ANÁLISE DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO FEIJÃO VERDE (*Vigna unguiculata* L. Walp)

### INTRODUÇÃO

O feijão é um excelente alimento, fornecendo nutrientes essenciais ao ser humano como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), riboflavina, tiamina, carboidratos e fibras. Representa a principal fonte de proteínas na dieta das populações de média e baixa renda em mais de 70 países e constitui um produto de destacada importância nutricional, econômica e social (MESQUITA, 2005; KOBLITZ, 2011).

O feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp) é considerado um dos pratos mais tradicionais da mesa nordestina, tanto no campo como nas grandes cidades. Todavia, por se tratar de um produto sazonal, fora do período de safra, o seu preço elevado torna o consumo proibitivo para a grande maioria da população. Por outro lado, por se tratar de um produto de alta perecibilidade, sua produção desordenada na safra, é parcialmente desperdiçada. Desta forma, se faz necessário realizar-se estudos sobre técnicas de conservação deste, que permitam o seu armazenamento, viabilizem seu aproveitamento e distribuição da produção durante todo o ano, independente da safra (MEDEIROS, 2004).

Este alimento apresenta características adaptativas e nutricionais que fazem dele uma importante fonte alimentícia em regiões pobres de clima e solo pouco favoráveis. É uma fonte de proteína barata e importante para a nutrição de populações de países em desenvolvimento contribuindo significativamente na agricultura de subsistência de famílias na África Central e Oeste, bem como no Brasil (GAZZANEO, 2007).

A desidratação em alimentos é um dos métodos mais antigos utilizados para a sua conservação. A redução de água, a um nível mais baixo, reduz a possibilidade de deterioração microbiológica e reduz a velocidade de reações químicas e bioquímicas. Além do efeito conservante, a desidratação reduz o peso e o volume do alimento, aumentando a eficiência do transporte e armazenamento (FONTES, 2009).

O processo de desidratação osmótica é considerado um método capaz de obter um produto de boa qualidade, mediante a redução de sua umidade, sem mudança de fase durante o processo (EL-AQUAR e MURR, 2003).

A desidratação (retirada de água) de um determinado alimento pode reduzir sua atividade microbiológica, reações enzimáticas e não enzimáticas, além de reduzir seu volume, facilitando assim seu transporte, aumentando sua durabilidade e agregando valor ao mesmo (BOEIRA, 2005).

A desidratação osmótica é um processo brando de conservação dos alimentos. Apesar da redução do conteúdo de umidade do alimento durante o processo, a atividade de água final do produto ainda é muito alta, sendo necessários tratamentos adicionais para garantir a estabilidade microbiológica do alimento. A utilização da desidratação osmótica como pré-tratamento aos processos de secagem, congelamento, fritura e branqueamento tem sido estudada por vários pesquisadores como SOUZA et al. (2007), FERNANDES et al. (2006), RODRIGUES e FERNANDES (2007), BUGGENHOUT

et al. (2008), DELGADO e RUBIOLLO (2005), TAIWO e BAIK (2007), FLOURY et al. (2008), ESCOBAR et al. (2007), SOUSA (2008), FERRARI (2009), MONNERAT (2009) obtendo-se em todos os casos produtos com boa qualidade sensorial e nutricional e mais estáveis à contaminação microbológica e à deterioração química.

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo do processo de desidratação osmótica para o feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp), avaliando o efeito de algumas variáveis no processo e identificando as condições ótimas para a realização dos ensaios.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para a realização dos experimentos foi o feijão verde in natura (*Vigna unguiculata* L. Walp), adquirido no comércio local (CEASA-RN).

Os grãos foram selecionados manualmente observando-se critérios de grau de maturação e tamanho com o objetivo de se padronizar a matéria-prima. Em seguida foram branqueados em vapor de água a uma temperatura de 88°C durante 3 min, seguido do resfriamento em água corrente à temperatura ambiente, com o objetivo de inativar suas enzimas e manter a cor.

Para a desidratação osmótica foi feito um planejamento experimental fatorial do tipo 2<sup>3</sup> com uma repetição onde foram preparados dois tipos de soluções: a primeira contendo 5% (-1) de NaCl e a segunda 10% (+1) do mesmo sal. A ordem de execução desses ensaios foi aleatória, sendo a matriz experimental apresentada na Tabela 1. Os sólidos solúveis das soluções foram determinados por meio de um refratômetro RL-2 NR-2720.

Os grãos de feijão verde foram colocados em beakers com solução osmótica na proporção de 1:3. Os experimentos foram realizados utilizando as duas concentrações de solução, com (+1) e sem (-1) agitação (Agit) e em temperaturas de 25°C (-1) e 40°C (+1), totalizando 8 ensaios.

Ressalta-se que para os ensaios com agitação utilizou-se um sistema constituído de agitador e barra magnética, sendo mantido um padrão na agitação durante todo o ensaio, mesmo assim não foi possível medir com precisão a velocidade de agitação. Diante disto, caracteriza-se a variável agitação como uma variável qualitativa no processo.

Estudos preliminares foram realizados e observou-se que o melhor tempo para realização dos ensaios era de no máximo 30 minutos. Por isso, as amostras foram retiradas do sistema de desidratação ao completar-se este tempo. Na seqüência, as amostras foram drenadas e pesadas. Ao final dos ensaios, foram realizadas análises para determinação de sólidos solúveis e umidade das amostras, segundo metodologia recomendada pelo IAL (2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Análise dos resultados dos ensaios de desidratação osmótica através do planejamento experimental 2<sup>3</sup>.**

A análise dos resultados obtidos para a porcentagem de perda de água (WL) e ganho de sólidos (GS) foi realizada através de métodos estatísticos, utilizando-se o programa “Statística” de acordo com o planejamento fatorial 2<sup>3</sup>, cuja matriz estatística e os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Planejamento fatorial 2<sup>3</sup> – Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis de resposta para os ensaios de desidratação osmótica.**

Ensaio	Agit.	T(°C)	[NaCl]	WL(%)	GS(%)
1	-1	-1	-1	-2,19	0,92
2	+1	-1	-1	-3,34	0,97
3	-1	+1	-1	1,72	0,74
4	+1	+1	-1	-3,82	1
5	-1	-1	+1	12,69	-0,96
6	+1	-1	+1	7,96	1,86
7	-1	+1	+1	11,25	-2,75
8	+1	+1	+1	4,38	0,19
1*	-1	-1	-1	2,55	-0,57
2*	+1	-1	-1	-2,66	-0,61
3*	-1	+1	-1	3,38	1,92
4*	+1	+1	-1	-0,63	0,22
5*	-1	-1	+1	6,86	-0,38
6*	+1	-1	+1	0,94	0,21
7*	-1	+1	+1	12,11	-0,90
8*	+1	+1	+1	1,93	-1,88

\* repetição dos ensaios.

**Análise dos efeitos.**

Os efeitos principais das variáveis independentes (*indep*), tendo como resposta a perda de água (WL%), estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Estimativa dos efeitos para a perda de água (WL%).**

Var. Indep.	Efeitos Estimados	Desvio Padrão	Lim Conf - 95%	Lim Conf +95%
Média	3,320	0,701	1,703	4,937
(1) Agit.	-5,451	1,402	-8,685	-2,217
(2) T(°C)	0,938	1,402	-2,295	4,172
(3) [NaCl]	7,888	1,402	4,654	11,122
1 by 2	-1,198	1,402	-4,432	2,035
1 by 3	-1,473	1,402	-4,707	1,760
2 by 3	-0,633	1,402	-3,867	2,600

Na Tabela 2, os termos grifados correspondem às variáveis independentes cujos efeitos apresentaram significância estatística. Conforme dados mostrados na Tabela, apenas as variáveis independentes, agitação e concentração de sal ([NaCl]) apresentam efeitos estatisticamente significativos sobre a variável resposta, perda de água (WL%). Os efeitos da agitação e da concentração de sal são negativos e positivos, respectivamente. Em valores absolutos, o efeito da concentração de sal é mais importante.

Para melhor ilustrar o efeito dessas duas variáveis independentes, a Figura 1 apresenta o Diagrama de Pareto mostrando os efeitos significativos sobre a perda de água e suas respectivas importâncias.

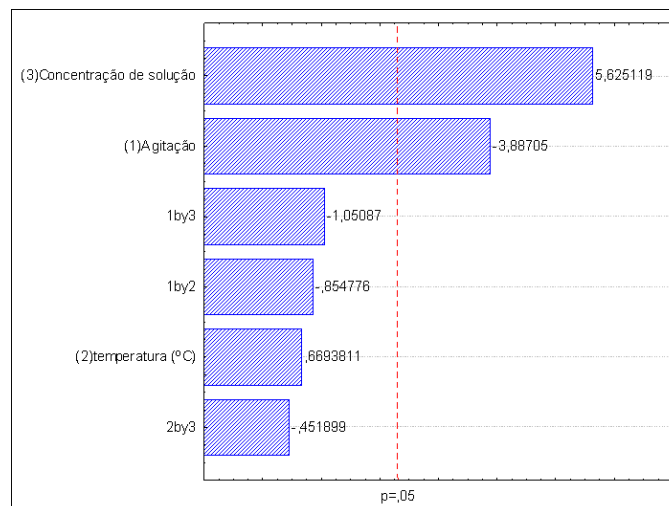


Figura 1 - Diagrama de Pareto para estimativa dos efeitos sobre a perda de água (WL%).

O efeito positivo provocado pela concentração do sal, mostra que quanto maior a concentração do sal na solução osmótica, maior a perda de água da amostra em estudo, ao passo que o efeito negativo provocado pela agitação, indica que quanto maior a agitação menor a perda de água devido ao rompimento da película protetora do grão. O efeito negativo em relação a variável de agitação pode ser observado experimentalmente. Observou-se que ao agitar-se o sistema, a película que envolve o feijão verde é desprendida deste fazendo com que o mesmo absorva mais água ao invés de perdê-la.

A análise dos resultados obtidos para o ganho de sólidos (GS%) através de métodos estatísticos não identificou efeitos significativos sobre a variável resposta de qualquer das variáveis independentes, conforme apresentado na Figura 2.

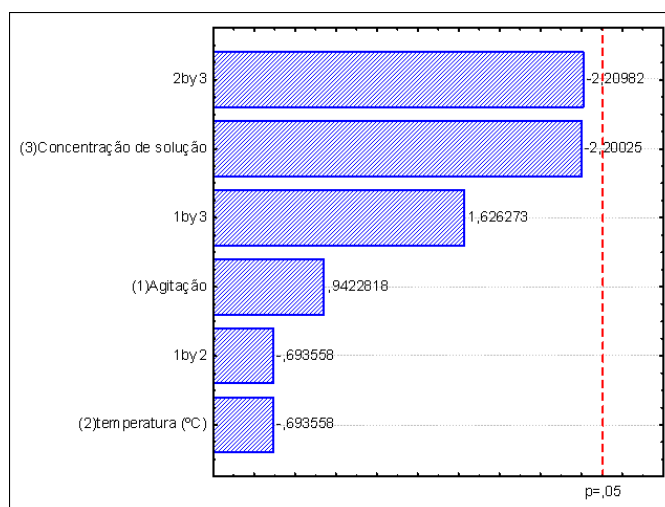


Figura 2 - Diagrama de Pareto para estimativa dos efeitos sobre o ganho de sólidos (GS%)

A Figura 2 ilustra os efeitos significativos sobre o ganho de sólidos e suas respectivas importâncias, confirmando que nenhuma das variáveis interfere significativamente sobre o ganho de sólidos (GS%). Porém, observa-se que existe uma tendência de algumas destas variáveis provocarem efeitos sobre o ganho de sólidos, principalmente a concentração da solução osmótica.

#### Análise de regressão dos modelos estatísticos.

A regressão foi analisada apenas para a variável resposta de perda de água (WL%) já que esta foi à única que apresentou efeitos significativos. Os termos não significativos foram eliminados na análise.

A significância estatística foi determinada pela análise de variância, cujos resultados são mostrados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Resultados da análise de regressão – WL% - ANOVA**

Fonte de Variação	SQ	gL	MQ	F <sub>calc</sub>	F <sub>tab</sub>	F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub>
Regressão	367,7940	2	183,8970	28,7519	3,81	7,55
Resíduos	83,1479	13	6,3960			
Falta de ajuste	20,2113	5	4,0423	0,5138	3,69	0,14
Erro puro	62,9366	8	7,8671			
Total	450,9419	15	30,0628			

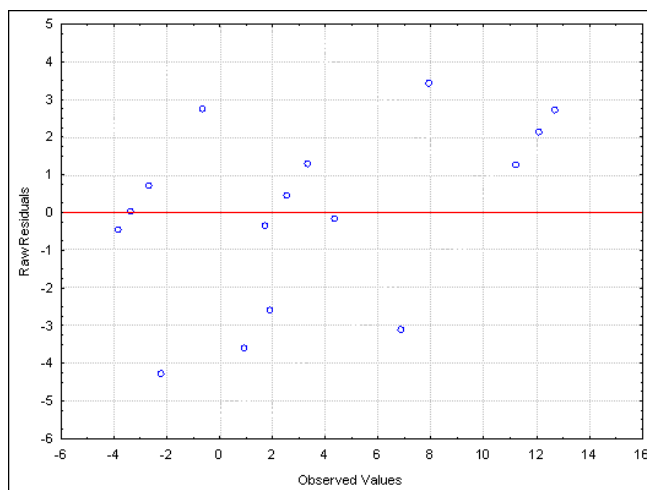
Como existem variáveis independentes qualitativas avaliadas neste trabalho, os modelos não serão apresentados na forma de equações, todavia a análise das superfícies de resposta geradas é importante para uma melhor compreensão dos efeitos combinados destas variáveis sobre as respostas analisadas.

De acordo com os dados apresentados nesta Tabela, os modelos ajustados apresentam, uma qualidade de ajuste em torno de 81,56% da variação em torno das médias explicadas pelas regressões.

Todavia, com relação ao teste F, que verifica se o modelo explica uma quantidade significativa da variação nos dados obtidos pela simulação, observa-se que os modelos ajustados aos dados experimentais são estatisticamente significativos.

Na Tabela 4, os valores de F apresentam valores no mínimo 7,55 vezes superior ao valor tabelado (perda de água), a um nível de confiança de 95%, mostrando que o modelo é estatisticamente significativo e útil para fins preditivos. A comparação dos valores de F tabelados com relação aos obtidos pelos modelos apresentam quantidade de variação devido ao modelo ajustado

bem superior a variação não explicada ( $F_{calc}/F_{tab} < 1$ ), mostrando que os valores experimentais são bem representados pelos modelos ajustados.



**Figura 3 – Distribuição dos resíduos – WL (%)**

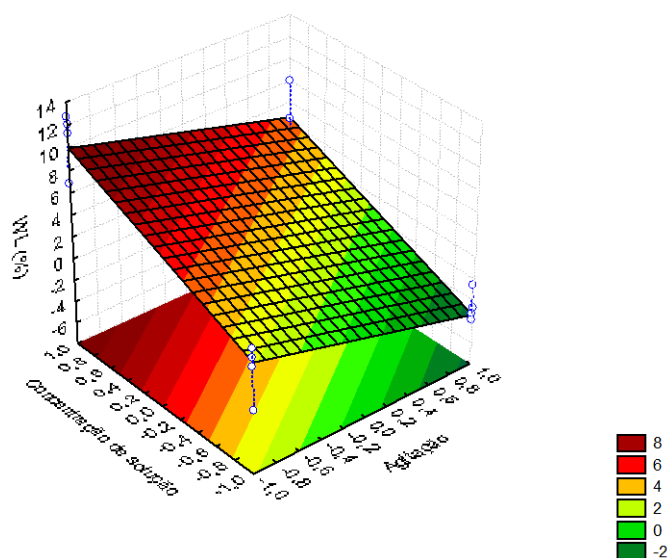
Observa-se na Figura 3 uma distribuição de resíduos apresentada de forma aleatória simetricamente distribuída em torno da média.

Realizando-se um teste F da razão  $MQ_{faj}/MQ_{ep}$ , pode-se avaliar se o modelo está ou não bem ajustado às observações experimentais. Valores altos de  $MQ_{faj}/MQ_{ep}$  ( $F > 1$ ), significam falta de ajuste. Os resultados da análise de variância para o modelo estatístico ajustado aos dados de WL(%) mostrados na Tabela 4, fornecem  $MQ_{faj}/MQ_{ep} = 0,5138$ , valor inferior ao F tabelado,  $F_{5,8} = 3,69$ .

Há, portanto, um ajuste satisfatório do modelo às observações experimentais, indicando que o mesmo além de significativo é preditivo, podendo ser utilizado para gerar as superfícies de resposta.



## Análise da superfície de resposta



**Figura 4 – Superfície de resposta da perda de água (WL%) em função da concentração da solução e da agitação.**

As variáveis concentração da solução e agitação encontram-se codificadas em uma faixa de -1 a +1, na Figura 4. Para a concentração da solução o nível +1 corresponde a 10% de NaCl e o nível -1, 5% de NaCl. No que diz respeito a variável agitação, tem-se uma variável qualitativa, onde o nível +1 representa “com” agitação e o nível -1, “sem” agitação.

Na Figura 4 está apresentada a influência positiva da concentração da solução frente à influência negativa da agitação sobre a perda de água, apontando que a melhor condição de processo para o tempo de 30 minutos, é um ensaio sem agitação e com concentração da solução com 10% de NaCl. Como não há influência significativa da temperatura, pode-se definir que os melhores resultados são os apresentados para o ensaio realizado a temperatura de 25°C, sem agitação e com a solução osmótica contendo 10% de NaCl, onde o feijão apresenta uma perda de água (WL) de aproximadamente 12,69% e um ganho de sólidos (GS) de -0,96%, conforme apresentado na Tabela 1.

## CONCLUSÃO

A melhor condição de processo para o tempo de 30 minutos, o ensaio realizado a temperatura de 25°C, sem agitação e com a solução osmótica contendo 10% de NaCl.

As variáveis agitação e concentração de sal da solução osmótica provocam efeitos significativos na perda de água do feijão verde durante o processo, não tendo influencias significativas da temperatura. No caso do ganho de sólidos, não existe influencia de nenhuma das variáveis

envolvidas no processo. Além disso, através da análise de regressão verifica-se que o modelo estudado é significativo e preditivo, confirmando bons dados experimentais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOEIRA, J.B. Estudo experimental da obtenção de pêssego desidratado (var. Marli e Springcrest) por desidratação osmótica e secagem complementar. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Centro de Tecnologia - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina.
2. BUGGENHOUT, S.V.; GRAUWET, T.; LOEY, A.V.; HENDRICKX, M. Use of pectinmethylesterase and calcium in osmotic dehydration and osmofreezing of strawberries. *European Food Research and Technology*, v.226, n.5, p.1145-1154, 2008.
3. DELGADO, A.E.; RUBIOLLO, A.C. Microstructural Changes in Strawberry after Freezing and Thawing Processes. *Food Science and Technology: LWT*, v.38, n.2, p.135-142, 2005.
4. EL-AQUAR, A. A. e MURR, F.E.X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya L.*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.23, n.1, p.69-75, jan./abr. 2003.
5. ESCOBAR, M.P.; GALINDO, F.G.; WADSO, L.; NÁJERA, J.R.; SJOHOLM, I. Effect of Long-Term Storage and Blanching Pre-Treatments on the Osmotic Dehydration Kinetics of Carrots (*Daucus carota L. cv. Nerac*). *Journal of Food Engineering*, v.81, n.2, p.313–317, 2007.
6. FERNANDES, F.A.N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O.C.P.; OLIVEIRA, E.L. Optimization of Osmotic Dehydration of Bananas followed by Air-Drying. *Journal of Food Engineering*, v.77, n.1, p.188-193, 2006.
7. FERRARI, C.C. Avaliação do emprego da desidratação osmótica e de coberturas comestíveis de pectina na estrutura celular e na qualidade de melão minimamente processado. 2009. 196p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.
8. FLOURY, J.; LE BAIL, A.; PHAM, Q.T. A 3-Dimensional Numerical Simulation of the Osmotic Dehydration of Mango and Effect of Freezing on the Mass Transfer Rates. *Journal of Food Engineering*, v.85, n.1, p.1-11, 2008.
9. FONTES, L.C.B. Efeito de desidratação osmótica e coberturas comestíveis na qualidade de chips de batata-doce elaborado pelo processo de fritura por imersão. 2009. 305p. Tese (Doutorado em engenharia de alimentos). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.
10. GAZZANEO, L.R.S. Indução de mutação e seleção em feijão-caupi (*Vigna unguiculata L. Walp*) visando tolerância a salinidade. 2007. 100p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Genética. Universidade Federal de Pernambuco.
11. IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz – Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos. 4 ed (1ª ed digital). São Paulo: O Instituto, 2008, 1020p

12. KOBLITZ, M.G.B. Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN, 2011. 301p.
13. MEDEIROS, U.K.L de. Estudo da secagem do feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp) – análise experimental do processo combinado leito fixo/leito de jorro. 2004. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
14. MESQUITA, F.R. Linhagens de feijão: composição química e digestibilidade protéica. 2005. 44p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos. Universidade Federal de Lavras.
15. MONNERAT, S.M. Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã: transferência de massa e alterações de estrutura molecular. 2009. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.
16. RODRIGUES, S.; FERNANDES, F.A.N. Image Analysis of Osmotically Dehydrated Fruits: Melons Dehydrated in a Ternary System. *European Food Research and Technology*, v.225, n.5-6, p.685-691, 2007.
17. SOUSA, S. Obtenção de figos secos por desidratação osmótica e secagem convectiva. 2008. 183p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.
18. SOUZA, J.S.; MEDEIROS, M.F.D.; MAGALHÃES, M.M.A.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F.A.N. Optimization of Osmotic Dehydration of Tomatoes in a Ternary System followed by Air-Drying. *Journal of Food Engineering*, v.83, n.4, p.501-509, 2007.
19. TAIWO, K.A.; BAIK, O.D. Effects of Pre-Treatments on the Shrinkage and Textural Properties of Fried Sweet Potatoes. *Food Science and Technology: LWT*, v.40, n.4, p.661-668, 2007.