REIDRATAÇÃO DE RAIZ DE CHICÓRIA SECA

RAFAEL A. DE OLIVEIRA[1], KIL J. PARK[1], JULIANA A. FRACAROLLI[1], JULIANA SARUBBI[1]

[1]Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, CP. 6011, Campinas – SP, 13083-875, Fone-Fax: (19) 3788-1076, e-mail: augustus@agr.unicamp.br.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: O trabalho teve por objetivo analisar os parâmetros e condições de processo de reidratação das raízes secas de chicória. Um conhecimento a respeito da reidratação das raízes de chicória é importante, uma vez que as mesmas são uma das mais importantes fontes de obtenção de inulina. A reidratação da raiz seca da chicória é uma função linear de temperatura e tempo e função quadrática de temperatura em um nível de confiança de 90%.

PALAVRAS-CHAVE: planejamento experimental, temperatura, tempo.

REHYDRATION OF DRIED CHICORY ROOT

ABSTRACT: The objective of this work was the analysis of rehydration parameters and process conditions of dried chicory roots. The knowledge about rehydration of chicory roots is important because it is a one of the most important source to obtain inulin. The rehydration of dried chicory root is a linear function of temperature and time and quadratic function of temperature at 90% confidence level.

KEYWORDS: experimental design, temperature, time.

INTRODUÇÃO: Chicória (*Cichorium intybus* L.) é uma planta que tem uma raiz tuberosa cujo carboidrato de reserva é a inulina. A inulina presente nas raízes de chicória apresenta um teor de frutose muito elevado (cerca de 94%), sugerindo importante propriedade não somente de baixo poder calórico como também fator "bífido", que implica na regulação da flora intestinal. A inulina foi identificada como um ingrediente que substitui a gordura e/ou o açúcar. As raízes de chicória são matérias-primas altamente perecíveis e, para permitir um maior tempo de vida útil deste material, possibilitando assim um período maior de disponibilidade para o processamento industrial, deve-se reduzir a sua atividade de água, como por exemplo, através da secagem. No processo de extração de inulina ocorre a reidratação destas raízes, pois o método de extração mais empregado é o por difusão em água quente. Portanto, é importante o entendimento desta. Produtos são geralmente reidratados no momento de seu consumo. Reidratação é um processo complexo que objetiva a restauração das propriedades do produto *in natura*. A reidratação é tipicamente composta por três processos simultâneos: a embebição do material seco; o inchamento do produto reidratado e a migração do solúvel. A ampla variedade de alimentos desidratados, que é avaliada hoje para os consumidores e pelo conselho de especificações e conservação de energia e qualidade dos alimentos enfatizam a necessidade de um estudo minucioso do processo de reidratação com a finalidade de otimizá-lo (LEE, FARID & NGUANG, 2006).

MATERIAL E MÉTODOS: Amostras fatiadas e secas de raízes de chicória foram armazenadas por um período de um ano e meio em uma câmara fria. Cada ensaio de reidratação foi feito colocando-se uma certa massa de amostra em um becker com água destilada. Logo após, foi levado ao banho em

água destilada sob agitação constante a temperaturas diferentes para cada ensaio de acordo com o planejamento experimental. Neste tempo foi feita medição da massa das amostras em intervalos pré-definidos de tempo, por meio de pesagem das amostras em balança analítica.
Os níveis de cada variável foram determinados a partir de um planejamento experimental central composto, sendo este complementado por metodologia de superfície de resposta, com cinco níveis para cada variável independente – temperatura (T) e tempo de reidratação (t). Neste caso, o número total foi de onze ensaios. A variável dependente (resposta), o teor de água das amostras (X), foi avaliada através da quantidade de água reabsorvida.
Esta metodologia segue um modelo contendo termos de primeira e segunda ordem e da interação entre os termos, conforme a Equação 1.

$$X = b_0 + b_1\,T + b_2\,t + b_{11}\,T^2 + b_{22}t^2 + b_{12}\,T\,t \qquad (1)$$

No início dos experimentos, amostras de raiz de chicória seca foram utilizadas para se determinar a massa seca segundo a metodologia da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Curvas de reidratação foram determinadas para as diferentes combinações do planejamento experimental, sendo que os teores de água para os níveis da variável tempo foram completados a partir destas curvas. A resposta para os ensaios é mostrada na Tabela 1. A Figura 1 mostra a curva referente ao ensaio 8, a título de ilustração.

Tabela 1:Reidratação de raízes secas de chicória.

		Variáveis		Resposta
	Ensaio	**T [ºC]**	**t [min]**	**Teor de água [g_{H2O}/g_{MS}]**
Pontos fatoriais	**1**	30,0	40,0	1,603
	2	30,0	90,0	2,398
	3	45,0	40,0	1,861
	4	45,0	90,0	2,405
Pontos centrais	**5**	37,5	65,0	2,119
	6	37,5	65,0	2,173
	7	37,5	65,0	2,077
Pontos axiais	**8**	26,9	65,0	2,323
	9	48,1	65,0	2,453
	10	37,5	29,6	1,704
	11	37,5	100,4	2,509

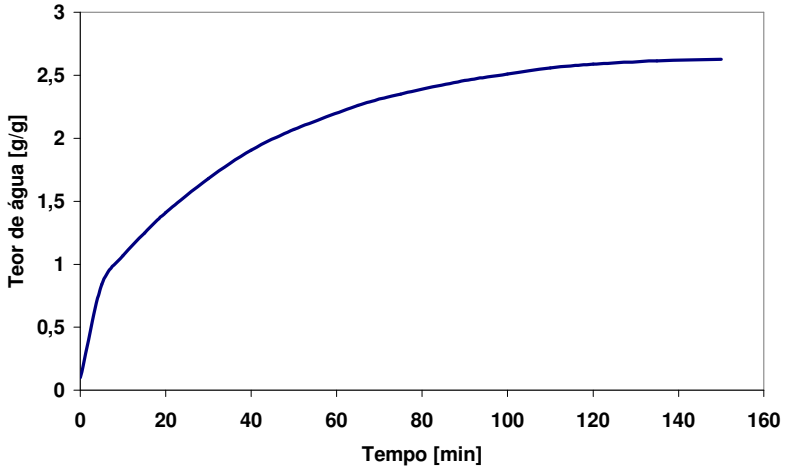

Figura 1: Curva de reidratação de raízes secas de chicória para temperatura de 37,5°C.

Com esses resultados, utilizou-se o pacote estatístico STATISTICA (2001) para fazer a análise estatística destes dados. A Tabela 2 mostra os efeitos das variáveis e sua interação na análise estatística em um nível de confiança de 90% (p = 0,1) para análise de reidratação de raízes de chicória.

Tabela 2: Efeito estimado, erro puro e grau de significância estatística (p) para reidratação de raízes secas de chicória..

Variáveis	Efeito	Erro puro	p
Temperatura T (linear)	0,112	0,087	0,254
Temperatura T (quadrático)	0,175	0,104	0,151
Tempo t (linear)	0,619	0,087	0,001
Tempo t (quadrático)	-0,107	0,104	0,350
Interação T x t	-0,125	0,123	0,355

Após a retirada dos termos não significativos foi feita uma análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste F para se verificar a significância da regressão e gerar o modelo (Tabela 3).

Tabela 3: Análise de variância (ANOVA) para extração de inulina de raízes secas de chicória.

Fonte de variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F_{calc}	F_{tab}	R^2
Regressão	8,57E-01	3	2,86E-01	18,60	3,07	0,89
Resíduo	1,08E-01	7	1,54E-02			
Falta de ajuste	1,03E-01	5	2,06E-02	8,91	9,29	
Erro puro	4,62E-03	2	2,31E-03			
Total	9,64E-01	10				

Verifica-se que o modelo apresentou regressão significativa (F_{calc} superior ao F_{tab} com os respectivos graus de liberdade). A análise de variância realizada mostrou que o modelo ajustado foi significativo, porém o ajuste não satisfez o critério sugerido por Box e Wetz (1973, citado por BARROS NETO, SCARMINIO & BRUNS, 2002), no qual F_{calc} deve ser pelo menos dez vezes maior que F_{tab} para ser considerado preditivo. Assim o modelo não pode ser considerado preditivo e não pode ser utilizado na estimativa do processo de reidratação de raízes secas de chicória, apesar de não haver evidências de falta de ajuste. O coeficiente de determinação foi de 0,89, ou seja, 89% da variação é explicada pelo modelo, considerada erros aleatórios. O valor de F_{calc} para falta de ajuste foi inferior ao valor de F_{tab}, o que significa que não há evidência de falta de ajuste do modelo. Foi feita análise dos resíduos e percebeu-se a distribuição aleatória dos dados, sendo que estes se apresentaram afastados da linha ideal Figura 2. O modelo proposto para representar os sólidos solúveis extraídos de raízes de chicória secas fatiadas congeladas está apresentado na equação não codificada a seguir:

$$X = 3{,}570 - 0{,}130\,T + 0{,}012\,t + 0{,}002\,T^2 \qquad (2)$$

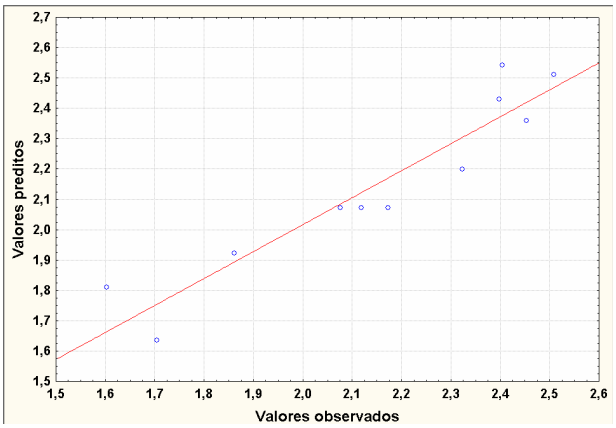

Figura 2: Gráfico dos resíduos (valores preditos em função dos observados).

O modelo gerado apresentou um módulo de desvio médio relativo de 3,95%. Foram gerados a superfície de resposta e o perfil (curvas em nível) que representam o modelo matemático para a reidratação de raízes secas de chicória, mostradas na Figura 3.

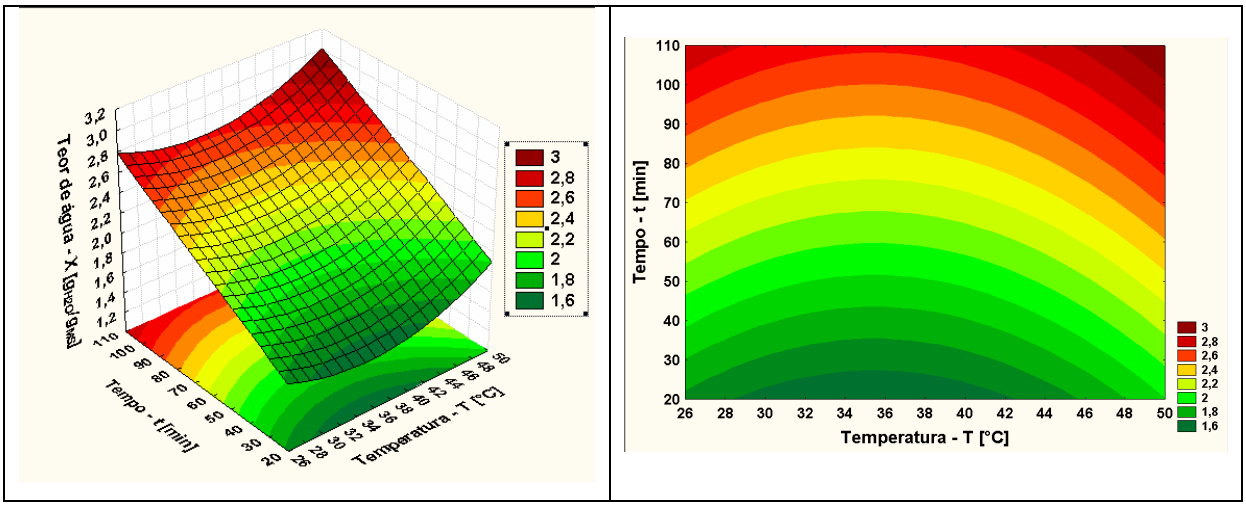

Figura 3: Superfície de resposta e curvas em nível para os parâmetros na reidratação de raízes secas.

CONCLUSÕES: A reidratação é uma função linear de temperatura e tempo e função quadrática de temperatura em um nível de confiança de 90%. O modelo gerado apresentou desvio médio relativo de 3,95%, podendo ser utilizado para predizer o comportamento da reidratação de raiz de chicória na faixa de análise utilizada.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a FAPESP, CNPq e UNICAMP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of A.O.A.C. international.** 16ª ed. Arlington: A.O.A.C., Inc.. 1998.

BOX, G.E.P.;WETZ, J. Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function. University of Wisconsin Technical Report 9, 1973. *apud* BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 2002. 401p.

LEE, K.T.; FARID, M.; NGUANG, S.K. The mathematical modeling of the rehydration characteristics of fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 72, p. 16–23, 2006.

STATISTICA version 6.0. **Data analysis software system**. Tulsa, StatSoft, Inc., 2001.