



ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DO PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DO PINHÃO

F. Cladera-Olivera¹, C.Z.P. Noreña², K. Wada¹, L.D.F. Marczak¹

NUPTAL – Núcleo de Pesquisa em Processos e Tecnologia de Alimentos

¹Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
R. Eng. Luis Englert, s/n. Campus Central. CEP: 90040-040 - Porto Alegre - RS - BRASIL,
E-MAIL: {fcladera, keiko, ligia}@enq.ufrgs.br

²Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

Av. Bento Gonçalves 9500, Campus do Vale, CEP 91540-000 – Porto Alegre – RA – BRASIL, E-MAIL:
czapatan@ufrgs.br

Palavras Chaves: secagem, pinhão, *Araucária angustifolia*, desidratação osmótica, isoterma.

Resumo: O pinhão é a semente comestível da *Araucaria angustifolia*, sendo consumido no sul e sudeste do Brasil. É comercializado principalmente nas estradas das regiões produtoras, sendo atualmente visto como fonte de renda extra ou complemento do orçamento familiar dos pequenos produtores da região serrana do Estado do Rio Grande do Sul. A consolidação da cadeia produtiva deste produto é importante para o desenvolvimento regional, sendo que o incremento ao hábito de consumo ainda poderia constituir-se em elemento fundamental à preservação da araucária, fortemente ameaçada de extinção. O pinhão possui excelentes características nutritivas e energéticas e pode ser considerado como uma fonte de amido, fibra dietética, magnésio e cobre. No entanto, a literatura sobre os aspectos nutricionais e tecnológicos do pinhão é praticamente nula. Não existem relatos a respeito de técnicas de conservação ou propriedades como isotermas de sorção. As sementes têm uma umidade alta (maior que 80% em base seca) e uma atividade de água muito elevada (0,98), o que provoca uma rápida contaminação por fungos dificultando a sua comercialização. O objetivo deste trabalho é encontrar as melhores condições de processamento e armazenamento de pinhão e estudar a possibilidade de produção de novos produtos a base de pinhão. Serão determinadas as isotermas de sorção do pinhão e da farinha de pinhão em diferentes temperaturas. A avaliação experimental das características de sorção e o desenvolvimento subsequente de modelos matemáticos podem ajudar na melhoria da qualidade de alimentos processados e estabelecer as melhores condições de armazenamento. Serão estudadas as enzimas existentes e a cinética de inativação, sendo determinadas as melhores condições de branqueamento (inativação enzimática para evitar posteriores reações bioquímicas de degradação). A influência de diversos parâmetros na secagem de pinhão em secador de bandeja e através de desidratação osmótica serão avaliadas. A desidratação osmótica está entre os métodos mais recentes de desidratação e baseia-se na imersão do alimento em soluções hipertônicas, com um ou mais solutos, ocorrendo transferência de água do alimento para a solução. Com este processo é possível modificar também as características organolépticas do produto. Posteriormente, será otimizado um método combinado de secagem (desidratação osmótica com posterior secagem por convecção). A qualidade do produto em cada caso será determinada através de análise sensorial, tamanho do produto, análise microbiológica, entre outros. Através de microscopia, será avaliado o dano a nível celular e no tecido, causado pelas diversas condições de processamento e armazenamento às quais foi submetida a semente de pinhão.



1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* pertence à família Araucariaceae e é a única espécie de conífera nativa brasileira de importância econômica (Zandavalli et al., 2004). A sua distribuição geográfica inclui a Argentina e o Brasil, onde se concentra nos estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Zandavalli et al., 2004). A consolidação da cadeia produtiva deste produto é importante para o desenvolvimento regional. Além disso, o incremento do hábito de consumo poderia constituir-se em elemento fundamental à preservação da araucária, fortemente ameaçada de extinção.

O pinhão é consumido após cozimento e posterior descascagem ou utilizado como farinha em pratos regionais. As sementes podem ser consideradas como fonte de amido, fibra dietética, manganês e cobre (Cordenunsi et al., 2004). A literatura a respeito de aspectos tecnológicos é praticamente nula, sendo que não existem relatos sobre as isotermas de sorção deste produto. O pinhão tem uma umidade e uma atividade de água muito altas, sendo facilmente contaminado por fungos durante a estocagem, dificultando a sua comercialização.

As isotermas de sorção descrevem a relação entre a atividade de água (a_w) e a umidade de equilíbrio (X_{eq}). Constituem uma ferramenta muito valiosa para cientistas e tecnólogos, pois podem ser utilizadas para predecir mudanças na estabilidade dos alimentos, para determinar métodos de estocagem, para selecionar embalagens e ingredientes e, para o subsequente desenvolvimento e otimização de equipamentos de secagem (Stenel, 2004). Portanto, a avaliação experimental das características de sorção e o desenvolvimento e utilização de modelos matemáticos podem ajudar na melhoria do processamento de alimentos (McMinn & Magee, 2003).

Uma grande quantidade de trabalhos tem sido desenvolvida nas últimas duas décadas. Estes incluem as isotermas de sorção de diversos alimentos, a dependência das isotermas com a temperatura, a determinação do calor de sorção e modelos matemáticos para representar as isotermas (Kaymak-Ertekin & Gedik, 2004). Não existe uma equação geral para isotermas de alimentos devido a que a atividade de água depende da composição dos

alimentos e da interação dos diferentes constituintes com a água em condições de equilíbrio termodinâmico (Wolti-Chanes & Vergara, 1997). Numerosas equações matemáticas podem ser encontradas na literatura que descrevem isotermas de sorção. Nove destas equações foram utilizadas neste trabalho e são apresentadas na Tabela 1.

Os métodos utilizados na determinação das isotermas de sorção de umidade em produtos agrícolas podem ser classificados em: (a) método gravimétrico, onde o material é colocado em equilíbrio com ar a uma determinada temperatura e umidade relativa e a umidade do material é medida e, (b) aqueles em que ar é colocado em equilíbrio com o material a uma determinada temperatura e a umidade relativa do ar é medida. Rao & Pfost (1978) concluíram que estes últimos são mais simples e mais rápidos. No entanto, o método gravimétrico foi recomendado como método estandar (Speiss & Wolf, 1987).

A entalpia diferencial (ou calor de sorção) proporciona uma medida da força da ligação água-sólido. Um procedimento computacional rápido, comumente utilizado para a sua determinação é a aplicação da equação de Clausius-Clapeyron às isotermas de sorção para uma umidade constante (McMinn & Magee, 2003). O conhecimento da magnitude da entalpia diferencial a uma determinada umidade fornece uma indicação do estado da água adsorvida e, portanto, uma medida da estabilidade física, química e microbiológica em determinadas condições de estocagem. Além disso, a variação da entalpia diferencial com o conteúdo de umidade e a magnitude relativa do calor de vaporização da água pura proporcionam dados para o cálculo do consumo de energia e subsequente desenho de equipamentos de secagem (McMinn & Magee, 2003).

A entropia diferencial (ΔS_d) de um material é proporcional ao número de sítios de sorção disponíveis num nível de energia específico (Madamba et al., 1996).

A teoria compensatória é utilizada para avaliar fenômenos físicos e químicos como reações de sorção. A teoria estabelece que, para minimizar mudanças na energia livre devida a estes fenômenos, acontece compensação (pela mudança de Δh ou ΔS) a partir da natureza da interação entre o soluto e o solvente causando a reação e, portanto,



OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

a relação entre a entalpia e a entropia para uma reação específica é linear (Fasina, 2005).

O objetivo deste trabalho é encontrar as melhores condições de processamento e armazenamento de pinhão e estudar a possibilidade de produção de novos produtos a base de pinhão.

Para isso, primeiramente estão sendo determinadas as isotermas de sorção do pinhão cru e cozido e da farinha de pinhão, sendo determinadas algumas propriedades termodinâmicas, como entalpia e entropia diferencial. Posteriormente, serão determinadas as curvas de secagem por convecção em diferentes temperaturas e avaliados os parâmetros de secagem. Será estudada a desidratação osmótica do pinhão em diferentes condições e a inativação enzimática (branqueamento). As curvas de congelamento serão também determinadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Isotermas do pinhão cru e cozido

Pinhão da safra 2004 foi utilizado na determinação das isotermas do pinhão cru, sendo adquirido em Mercado local (Porto Alegre, RS) e estocado a -20°C em sacos de polietileno até o uso. As sementes utilizadas possuíam um tamanho de 4,5-6,9 cm e 1,7-2,8 cm e um peso médio de 7,5 g. As cascas corresponderam a aproximadamente 30% do peso final.

Devido ao alto teor de umidade e à alta resistência térmica, o método descrito por Ajibola et al. (2003), com algumas modificações, foi utilizado para determinar as isotermas de desorção do pinhão (cru ou cozido). As sementes foram secadas a 50°C em secador de bandeja durante aproximadamente 45 horas. De tempos em tempos, amostras foram retiradas do secador, colocadas em sacos de polietileno e acondicionadas em refrigerador durante 10 dias para alcançar umidade uniforme. As sementes foram levadas a temperatura ambiente e o conteúdo de umidade foi determinado, além da atividade de água em quatro temperaturas (15, 25, 30 e 40°C), medida diretamente, utilizando um medidor de atividade de água (*AquaLab 3TE*).

Para a determinação das isotermas do pinhão cozido foi utilizado pinhão da safra 2005, cozido com casca em autoclave (120°C e 1 atm) durante 1 hora.

As características físico-químicas (umidade, proteína, lipídeos, amido, açúcares redutores e não redutores, resíduo mineral fixo, acidez e pH) serão determinadas.

Tabela 1. Modelos de isotermas utilizados comumente

Nome da equação	Equação
GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) (Van den Berg, 1985)	$X = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot aw}{(1 - K \cdot aw) \times (1 - K \cdot aw + C \cdot K \cdot aw)}$
Helsey (Helsey, 1948)	$aw = \exp\left(-\frac{A}{X^B}\right)$
Peleg (Peleg, 1993)	$X = k_1 \cdot aw^{n_1} + k_2 \cdot aw^{n_2}$
Oswin (Lomauro et al., 1985)	$X = A \left(\frac{aw}{1 - aw}\right)^B$
Chung - Pfof (Chung & Pfof, 1967)	$\ln(aw) = -A \cdot \exp(-B \cdot X)$
Chen (Chen, 1971)	$aw = \exp\left(-\exp(k - C \cdot \exp(B \cdot X))\right)$
Henderson (Henderson, 1952)	$(1 - aw) = \exp(A \cdot X^B)$
Chirife (Castillo et al., 2003)	$X = \exp[A + B \cdot \ln(C - \ln aw)]$
Smith (Smith, 1947)	$X = A + (B \cdot \log(1 - aw))$

X, umidade de equilíbrio (kg kg^{-1} sólidos secos); aw, atividade de água; X_m , conteúdo de umidade de monocamada (kg kg^{-1} sólidos secos); A, B, C, K, k_1 , k_2 , n_1 , n_2 , k, parâmetros das equações.

2.2 Isotermas da farinha de pinhão

A farinha é produzida através de descascagem do pinhão, corte, secagem em secador de bandeja e moagem. As isotermas a diferentes temperaturas (10, 20, 30 e 40°C) serão determinadas através do método gravimétrico. As características físico-químicas (umidade, proteína, lipídeos, amido, açúcares redutores e não redutores, resíduo mineral fixo, acidez e pH) serão determinadas.

2.3 Inativação de enzimas (branqueamento)

A cinética de inativação de polifenoloxidases e peroxidases será estudada e modelada. A inativação destas enzimas será avaliada em diferentes condições de temperatura e pH e presença de inibidores e otimizadas as condições de branqueamento. As determinações enzimáticas serão realizadas utilizando catecol e guaiacol como substrato (para polifenoloxidases e peroxidases respectivamente) em espectrofotômetro.



2.4 Curvas de secagem

As curvas de secagem de pinhão com e sem casca em diferentes temperaturas serão determinadas através de secagem em secador de bandeja. As curvas serão ajustadas a modelos, sendo calculados os parâmetros de secagem e avaliadas as melhores condições.

2.5 Desidratação osmótica

A influência de diferentes fatores na desidratação osmótica de pinhão será estudada. Entre eles, o tipo de soluto (sacarose, cloreto de sódio), concentração de soluto, razão produto/solução, temperatura, agitação.

2.6 Curvas de congelamento

As curvas de congelamento de pinhão com e sem casca serão determinadas através de termopares colocados nos pinhões e ligados a um computador. As curvas serão ajustadas a modelos, sendo calculados os parâmetros de congelamento.

2.7 Métodos de descascagem

Diferentes métodos para descascar pinhão serão avaliados, como a utilização de soluções de soda, vapor condensante, incineração, etc.

3 RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

3.1 Isotermas do pinhão

Os resultados deste estudo foram apresentados no Enpromer 2005. A Figura 1 mostra as curvas experimentais obtidas relacionando a umidade de equilíbrio do pinhão com a sua atividade de água para as temperaturas estudadas. Os valores experimentais representam a média de duas réplicas. A faixa de atividade de água foi $0,46 < a_w < 0,99$. Como esperado, a umidade de equilíbrio diminui com o decréscimo da atividade de água (a_w) para uma determinada temperatura.

Além disso, as curvas da Figura 1 são muito próximas, o que indica que a influência da temperatura (entre 15 e 40°C) é pequena nas isotermas de desorção do pinhão. Sandoval & Barreiro (2002) encontraram resultados similares para sementes de cacau não fermentadas a 25, 30 e 35°C.

Os parâmetros para os modelos de desorção do pinhão cru são mostrados na Tabela 2, em conjunto com o erro relativo médio (MRD).

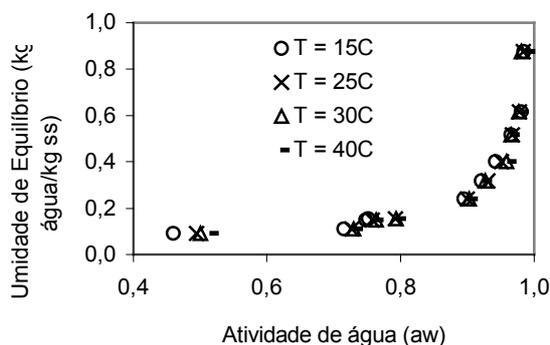


Fig. 1. Valores experimentais de umidade de equilíbrio (base seca) em função da atividade de água (a_w) para pinhão em diferentes temperaturas.

O modelo de Chirife foi o que melhor se ajusta aos dados experimentais na faixa de temperaturas estudada, seguido do modelo de Helseyl. O modelo Chirife apresentou valores de MRD entre 5.47% e 8.79% (valor médio 7.19%). Já o modelo de Helseyl apresentou valores entre 6.62% e 10.72% (valor médio 8.73%) e o modelo de Oswin apresentou um valor médio de 9.47%. O modelo Chirife foi o único a fornecer valores de MRD menores que 10% para todas as temperaturas.

As entalpias de desorção foram calculadas aplicando a equação de Clausius-Clapeyron aos dados experimentais. O modelo de Chirife foi previamente utilizado para determinar os valores de a_w para cada conteúdo de umidade. A Figura 3 mostra os resultados obtidos. A entalpia diferencial (calor de sorção) tem uma grande dependência com a umidade, já que a energia requerida para a sorção aumenta em umidade de equilíbrio baixa. O calor de sorção é alto a baixos conteúdos de umidade ($< 0,15 \text{ kg kg}^{-1} \text{ bs}$) e decresce rapidamente com o aumento do conteúdo de umidade.



OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ
10 anos

Tabela 2. Valores dos coeficientes e do erro relativo médio (MRD) obtido para os modelos de sorção aplicados aos dados experimentais de desorção de pinhão

Modelo	Constantes	Temperatura				Média
		15 ° C	25 ° C	30 ° C	40 ° C	
GAB	X_m	0.0325	0.0266	0.0243	0.0316	
	C	169768	606437	476460	270867	
	K	0.9732	0.9832	0.9882	0.9730	
	r^2	0.963	0.975	0.956	0.986	
	MRD (%)	11.85	14.15	18.46	9.41	13.47
Helsey	A	0.0106	0.0122	0.0139	0.0088	
	B	1.7342	1.5286	1.4057	1.8514	
	r^2	0.974	0.989	0.970	0.988	
	MRD (%)	7.96	6.62	10.72	9.61	8.73
Peleg	k_1	0.5348	0.3774	2.2809	0.3696	
	k_2	17.799	1.4040	0.3837	0.8033	
	n_1	4.8883	3.3960	81.679	3.3471	
	n_2	254.72	65.342	3.5232	44.257	
	r^2	0.970	0.982	0.973	0.982	
	MRD (%)	17.59	12.78	13.49	12.98	14.21
Oswin	A	0.0792	0.0620	0.0531	0.0839	
	B	0.5564	0.6300	0.6854	0.5228	
	r^2	0.974	0.988	0.967	0.990	
	MRD (%)	9.04	7.71	12.43	8.72	9.47
Chung-Pfost	A	0.6690	0.5898	0.5815	0.5810	
	B	5.4108	5.2261	5.1691	5.2677	
	r^2	0.894	0.877	0.848	0.928	
	MRD (%)	25.40	27.16	28.12	23.40	26.02
Chen	K	-0.0145	-0.0154	-0.0187	-0.0096	
	C	1.0949	0.8800	0.9306	0.7906	
	B	8.5179	8.0493	8.6419	7.1729	
	r^2	0.983	0.986	0.985	0.981	
	MRD (%)	14.21	13.56	12.70	15.57	14.01
Henderson	A	-4.8608	-4.6541	-4.5232	-4.9950	
	B	0.5892	0.5119	0.4813	0.5932	
	r^2	0.954	0.963	0.938	0.985	
	MRD (%)	16.55	19.92	22.88	11.78	17.78
Chirife	A	-2.4977	-2.6188	-2.5261	-2.7625	
	B	-0.5093	-0.5271	-0.4622	-0.6483	
	C	-0.00449	-0.00695	-0.01329	0.00663	
	r^2	0.9751	0.9935	0.9859	0.9913	
	MRD (%)	8.79	5.47	7.15	7.36	7.19
Smith	A	-0.1310	-0.1634	-0.1649	-0.1589	
	B	-0.4634	-0.4834	-0.4866	-0.4739	
	r^2	0.913	0.896	0.866	0.944	
	MRD (%)	21.69	24.59	25.17	20.38	22.96

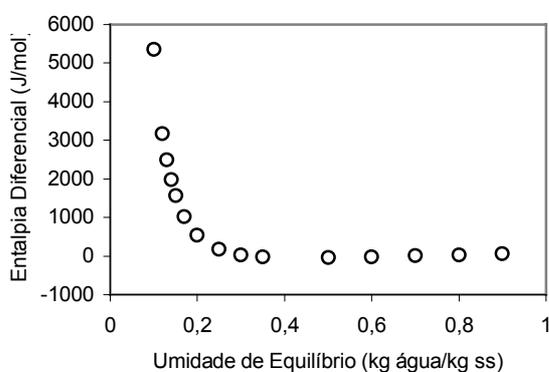


Fig. 3. Entalpia diferencial de desorção de pinhão em função do conteúdo de umidade de equilíbrio.

Os valores de entropia diferencial de desorção (ΔS) a determinada umidade foram calculados através de regressão linear. Foi assumido que, a uma específica umidade, Δh e ΔS não variam com a temperatura (Aguerre et al., 1986). Os resultados são mostrados na Figura 4. A entropia diferencial também apresenta uma forte dependência com a umidade.

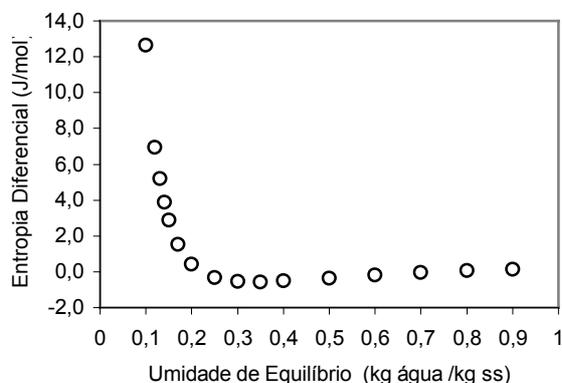


Fig. 4. Entropia diferencial de desorção de pinhão em função da umidade de equilíbrio.

A Figura 5 mostra o gráfico de Δh versus ΔS onde foi obtida uma relação linear (com $r^2 = 0.994$). Isto indica que existe compensação. Os parâmetros T_B e ΔG foram calculados através de regressão linear, sendo 418,5 K e 288,84 J mol⁻¹. A temperatura isocinética (T_B) é a temperatura na qual toda a reação de sorção acontece numa mesma taxa (Keyrovsky, 1970). O valor de ΔG obtido sugere que o processo de desorção é não espontâneo ($\Delta G > 0$).

A confirmação da aplicação da teoria compensatória é dada pelo valor da temperatura harmônica média (T_{hm}) de 300.4 K (ou seja, $T_B \neq T_{hm}$). Conforme Leffler (1955), se $T_B > T_{hm}$ o processo é governado pela entalpia, enquanto que, se $T_B < T_{hm}$ o processo é controlado pela entropia.

Neste caso, o mecanismo de desorção pode ser considerado um processo entálpicamente controlado. McMinn et al (2005), Aguerre et al.



OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

(1986) e Beristain et al. (1996) também reportaram mecanismos governados pela entalpia na sorção de materiais amilolíticos.

equação de Clausius-Clapeyron, sendo decrescente com o aumento da umidade e tornando-se assintótico a um valor de umidade de aproximadamente 0.3 kg/kg (bs). A entropia diferencial apresentou a mesma tendência. O gráfico da entalpia diferencial versus a entropia diferencial satisfaz a teoria compensatória. O processo de desorção de pinhão é um processo controlado pela entalpia (temperatura isocinética > temperatura média harmônica) e não espontâneo ($\Delta G > 0$).

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

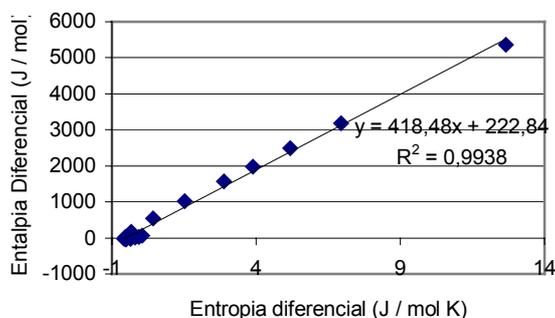


Fig. 5. Entalpia diferencial em função da entropia diferencial para o pinhão.

4 CONCLUSÕES PARCIAIS

O pinhão pode ser considerado uma fonte de amido, fibra dietética, magnésio e cobre. A literatura sobre aspectos tecnológicos do pinhão é praticamente nula, sendo que não existem relatos sobre isotermas de sorção para este produto. O pinhão tem uma umidade e uma atividade de água muito altas, maior que 80% (bs) e de aproximadamente 0.98, respectivamente. Isto dificulta a sua comercialização, pois o produto é facilmente contaminado por fungos. Neste trabalho foram apresentadas as isotermas de desorção do pinhão. Os resultados mostraram que a temperatura, na faixa estudada (15 to 40° C) tem um efeito pequeno nas isotermas de desorção. O modelo de Chirife, foi o que melhor se ajustou aos dados nas faixas de temperatura (15 to 40° C) e atividade de água ($aw > 0.460$) investigadas. A entalpia diferencial de desorção foi calculada utilizando a

REFERÊNCIAS

- Aguerre, R.J.; Suearez, C.; Viollaz, P.E. (1986). Enthalpy-entropy compensation in sorption phenomena: application to the prediction of the effect of temperature on food isotherms. *Journal of Food Science*, 51 (6), 1547-1549.
- Ajibola, O.O.; Aviara, N.A.; Ajetumobi, O.E. Sorption equilibrium and thermodynamic properties of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Food Engineering*, 58, 317-324.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (1990). Official Methods of Analysis: 930.04, Moisture content in plants, 949p.
- Cassini, A.S., Marczak, L.D.F., & Noreña, C.P.Z. (2005). Water adsorption isotherms of texturized soy protein. *Journal of Food Engineering*, in press.
- Castillo, M.D.; Martínez, E. J.; González, H.H.L.; Pacin, A.M.; Resnik, S.L. (2003) Study of mathematical models applied to sorption isotherms of Argentinean black bean varieties *Journal of Food Engineering*, 60, 343–348.
- Chen, C. S. (1971). Equilibrium moisture curves for biological materials. *Transaction of the ASEA*, 14, 924-926.
- Chung, D.S. & Pfof, H.B. (1967). Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 10, 549-551.
- Cordenunsi, B.R.; Menezes, E.W.; Genovese, M.I.; Dolli, C.; Souza, A.G. Lajolo, F.M. (2004).



OKTOBER FÓRUM 2005 – PPGEQ

- Chemical composition and glycemic index of Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3412-3416.
- Helsey, G. (1948). Physical adsorption on non-uniform surfaces. *Journal of Chemistry and Physics*, 16, 931-937.
- Henderson, S. M. (1952). A basic concept of equilibrium moisture. *Agricultural Engineering*, 33, 29-32.
- Iglesias, H.A. & Chirife, J. (1976). Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. *Journal of Food Technology*, 11, 109-116.
- Iglesias, H.A. & Chirife, J. (1978). An empirical equation for fitting water sorption isotherms of fruits and related products. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 11, 12-15.
- Kaymak-Ertekin, F.; Gedik, A. Sorption isotherms and isosteric heat of sorption for grapes, apricots, apples and potatoes. (2004). *Lebensn. Wiss. U. Technol.*, 37, 429-438.
- Lomauro, C.J.; Bakshi, A.S.; Labuza, T.P. (1985). Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: Fruit, vegetable and meat products. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 18(2), 111-117.
- Madamba, P.S.; Driscoll, R.H.; Buckle, K.A. (1996). Enthalpy-entropy compensation models for sorption and browning of garlic. *Journal of Food Engineering*, 28, 109-119.
- McMinn, W.A.M.; Magee, T.R.A. (2003). Thermodynamic properties of moisture sorption of potato. *Journal of Food Engineering*, 60, 157-165.
- Peleg, M. (1993). Assessment of a semi empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. *Journal of Food Processing Engineering*, 16(1), 21-37.
- Rao, V.G.; Pfost, H.B. (1978). *Physical properties related to drying 20 grains. ASAE paper no. 78.* St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers. 3539.
- Reitz, R.; Klein, R.M.; Reis, A. (1978). Projeto Madeira de Santa Catarina, Separata 28 de Sellowia-Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.
- Saravacos, G. D.; Tsiourvas, D.A.; Tsami, E. (1986). Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins. *Journal of food Science*, 51, 381-383.
- Smith, S.E. (1947). The sorption of water vapour by high polymers. *Journal of the American Chemical Society*, 69, 646.
- Speiss, W.E.L.; Wolf, W. (1987). Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherms. In: *Atividade de água; Theory and Applications to Foods* (Rockland L B; Beuchat L R, eds), pp 215-233. Marcel Dekker Inc., New York.
- Stenel, J. (2004). Modelling the water sorption isotherms of yoghurt powder spray. *Mathematics and Computers in Simulation*, 65, 157-164.
- Tsami, E. (1991). Differential enthalpy of sorption in dried fruits. *Journal of Food Engineering*, 14, 327-335.
- Tsami, E., Marinos-Kouris, D., & Maroulis, Z.B. (1990). Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. *Journal of Food Science*, 55, 1594-1597.
- Van den Berg, C. (1985). Development of B.E.T. like models for sorption of water of foods; theory and relevance. In D. Simatos & J.L. Multon (Eds), *Properties of water in foods* (119-135).
- Welti-Chanes, J.; Vergara, B.F. (1997). Actividad de agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad. In J.M. Aguilera (Ed.) *Temas en Tecnología de Alimentos*. México.
- Zandavalli, R.B.; Dillenburg, L.R.; de Souza, P.V.D. (2004). Growth response of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) to inoculation with the mycorrhizal fungus *Glomus clarum*. *Applied Soil Ecology*, 24, 245-255.