



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p780-784>

Higroscopicidade das sementes de pimenta (*Capsicum chinense* L.)

Hellismar W. da Silva¹, Lílian M. Costa², Osvaldo Resende³, Daniel E. C. de Oliveira⁴, Renato S. Soares⁵ & Luís S. R. Vale⁶

¹ Setor de Sementes/Departamento de Agricultura/Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. E-mail: waksonhellismar@gmail.com (Autor correspondente)

² LPCPV/Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde. Rio Verde, GO. E-mail: lmctpg@yahoo.com.br

³ Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação/Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde. Rio Verde, GO. E-mail: osvresende@yahoo.com.br

⁴ Instituto Federal Goiano - Câmpus Iporá. Iporá, GO. E-mail: oliveira.d.e.c@gmail.com

⁵ Departamento de Produção Vegetal/Centro de Olericultura/Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP. E-mail: renato_2366@hotmail.com

⁶ Instituto Federal Goiano - Câmpus Ceres. Ceres, GO. E-mail: luissergiovale@hotmail.com

Palavras-chave:

cabacinha
isotermas de desorção
modelagem matemática

RESUMO

A higroscopicidade de sementes fornece informações essenciais para otimização de processos de secagem, armazenamento e desenvolvimento de embalagens. O objetivo neste trabalho foi determinar as isotermas de desorção das sementes de pimenta (*Capsicum chinense* L.), variedade Cabacinha, para diferentes condições de temperatura e atividade de água utilizando-se o método estático indireto, sendo a atividade de água (*aw*) determinada por meio do equipamento Hygropalm Model Aw1. Aos dados experimentais foram ajustados modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da higroscopicidade de produtos agrícolas. Para uma atividade de água constante o aumento da temperatura reduz o teor de água de equilíbrio higroscópico das sementes de pimenta. As isotermas de desorção apresentam formato sigmoidal do tipo II. Os modelos de Cavalcanti Mata, Chen Clayton, Chung Pfof, Chung Pfof Modificado, Henderson e Henderson Modificado são adequados para representar a higroscopicidade das sementes de pimenta Cabacinha para a faixa de temperatura de 10 a 40 °C e atividade de água de 0,213 a 0,975.

Key words:

cabacinha
isotherms of desorption
modeling mathematic

Hygroscopicity of pepper seeds (*Capsicum chinense* L.)

ABSTRACT

The hygroscopicity in seeds provide essential information to optimize the drying process, storage and packaging development. The objective of this study was to determine the sorption isotherms of pepper seeds (*Capsicum chinense* L.), variety Cabacinha for different conditions of temperature and water activity. The sorption isotherms were determined at temperatures of 10, 20, 30 and 40 °C using the static indirect method and the water activity (*aw*) for each moisture content of seeds was determined by Hygropalm Model Aw1 equipment. The mathematical models often used to represent the hygroscopicity of agricultural products were adjusted to experimental data. For a constant water activity, increase in temperature decreased the equilibrium moisture content of pepper seeds. The desorption isotherms exhibit sigmoidal shape of type II. The models of Cavalcanti Mata, Clayton Chen, Chung Pfof, Modified Chung Pfof, Modified Henderson and Henderson are suitable to represent the hygroscopicity of seeds of pepper Cabacinha for the temperature range of 10 to 40 °C and water activity of 0.213 to 0.975.

INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* são uma das olerícolas mais comercializadas e consumidas em todo o mundo. Estima-se que um quarto da população mundial consome frutos de pimenta, sejam na forma in natura, molhos líquidos, em conserva ou desidratadas. Tais características impulsionam o mercado agrícola brasileiro tendo forte expressão de uso da pimenta na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética (Carvalho et al., 2006).

A pimenta é considerada um fruto carnoso; assim, é comum as sementes apresentarem elevados teores de água após a colheita e extração (acima de 40% b.s.) (Freitas et al., 2008), necessitando serem submetidas a um processo de secagem que reduza o teor de água para níveis adequados preservando as características fisiológicas (germinação e vigor) durante o armazenamento, até no momento da sementeira.

Como todo produto higroscópico, as sementes de pimenta têm a capacidade de ceder ou absorver água do ambiente, buscando constantemente estabelecer um equilíbrio entre o seu teor de água e as condições do ar ambiente (Corrêa et al., 2005). Assim, faz-se relevante o conhecimento das relações existentes entre o produto, a temperatura e a umidade relativa do ar objetivando estabelecer condições que amenizem prováveis alterações físicas, químicas, microbiológicas e fisiológicas durante o armazenamento (Resende et al., 2006).

O conhecimento sobre o comportamento higroscópico de produtos agrícolas constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio, armazenagem, embalagem e transporte e na modelagem da longevidade de sementes, grãos e outros produtos agrícolas (Araújo et al., 2001). Além disto, a partir das isotermas de sorção é possível determinar a estabilidade física, química e microbiana de qualquer produto (Sogi et al., 2003), como também as faixas de atividade de água no produto, que reduzam a possibilidade de desenvolvimento de fungos e outros patógenos, além de manter a qualidade do produto armazenado (Goneli et al., 2007).

A relação entre o teor de água de determinado produto e a umidade relativa de equilíbrio para uma temperatura específica pode ser expressa por meio de equações matemáticas denominadas isotermas ou curvas de equilíbrio higroscópico (Corrêa et al., 2005). Atualmente tem-se utilizado, na representação do comportamento higroscópico de produtos agrícolas, modelos matemáticos empíricos de vez que nenhum modelo teórico desenvolvido tem sido capaz de prever com precisão o teor de água de equilíbrio para uma ampla faixa de temperatura e atividade de água (Resende et al., 2006).

Ao estudar o comportamento higroscópico das sementes de pimenta variedade Cumari-do-Pará para a faixa de temperatura de 30 a 40 °C e atividade de água entre 0,3 e 0,9, Ferreira et al. (2011) verificaram que as isotermas apresentaram comportamento sigmoidal e recomendaram o modelo de Oswin Modificado para representar o fenômeno. Características semelhantes foram verificadas por Silva & Rodvalho (2012) estudando o comportamento higroscópico da variedade Malagueta, para a faixa de temperatura de 30 a 50 °C e atividade de água entre 0,29 e 0,90.

Considerando a importância da higroscopicidade de produtos agrícolas e a carência de estudos com outras

variedades de pimenta objetivou-se, neste trabalho, determinar e ajustar diferentes modelos matemáticos às isotermas de dessecamento das sementes de pimenta variedade Cabacinha (*Capsicum chinense* L.) para diferentes condições de temperatura e atividade de água.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Câmpus Rio Verde, município de Rio Verde, GO.

Foram utilizadas sementes de pimenta, variedade Cabacinha, produzidas no Instituto Federal Goiano - Câmpus Ceres, cujas coordenadas são: latitude 15° 16' 30" S e longitude 49° 35' 54" W. Após a colheita os frutos foram encaminhados para o Laboratório de Análises de Sementes onde se realizou a extração das sementes utilizando-se um liquidificador o qual teve suas lâminas protegidas por fita adesiva para não danificar as sementes.

As sementes foram submetidas a uma pré-secagem em condições naturais de laboratório com média de temperatura a 24,6 °C e 73,1% de umidade relativa do ar por 24 h, para remoção do excesso de teor de água; em seguida, as sementes foram colocadas em sacos plásticos e transportadas para Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Câmpus Rio Verde.

Para obtenção dos diferentes teores de água as sementes foram submetidas à secagem em estufa com ventilação forçada, regulada para 40 °C. Durante a secagem o teor de água das sementes foi monitorado por gravimetria, até atingirem 22,74; 17,77; 14,76; 11,35; 8,50; 5,60 e 3,85% (kg de água kg⁻¹ de matéria seca) os quais são determinados pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h, em duas repetições (Brasil, 2009).

As isotermas de dessecamento das sementes de pimenta foram determinadas utilizando-se o método estático indireto e a atividade de água (a_w) foi determinada por meio do equipamento Hygropalm Model Aw1. Utilizaram-se, para cada teor de água, três amostras de aproximadamente 6,6 g, as quais foram colocadas individualmente no recipiente do equipamento e acondicionadas em BOD (Biochemical Oxygen Demand) regulada a 10, 20, 30 e 40 °C.

Aos dados experimentais foram ajustados os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da higroscopicidade de produtos agrícolas cujas equações estão apresentadas na Tabela 1.

Para o ajuste dos modelos matemáticos foi realizada análise de regressão não linear, pelo método Gauss Newton. Para verificar o grau de ajuste de cada modelo considerou-se a significância do coeficiente de regressão pelo teste t adotando-se o nível de 0,01 de significância, a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), os valores do erro médio relativo (P), do erro médio estimado (SE) e Qui-quadrado (χ^2). Para um bom ajuste dos modelos matemáticos P deve ser inferior a 10% (Mohapatra & Rao, 2005), R^2 próximo à unidade, SE e χ^2 o mais próximo de zero (Resende et al., 2006). O erro médio relativo, erro médio estimado e o teste de Qui-quadrado foram

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para prever o fenômeno de higroscopicidade de produtos agrícolas

Designação do modelo	Modelo
$Xe^* = \frac{(Xm \cdot c \cdot a_w) \cdot (1 - (n+1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1})}{(1 - a_w) \cdot [1 + (c-1) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}]}$	BET (1)
$Xe^* = (a \cdot b \cdot a_w) / \{ [1 - (c \cdot a_w)] \cdot [1 + (b - c) \cdot a_w] \}$	BET Modificado (2)
$Xe^* = [\ln(1 - a_w) / (-a \cdot (T^b))]^{1/c}$	Cavalcanti Mata (3)
$Xe^* = [-1/(c \cdot T^d)] \cdot \ln[\ln(a_w) / (-a \cdot T^b)]$	Chen Clayton (4)
$Xe^* = a - b \cdot \ln(-T + c) \cdot \ln(a_w)$	Chung Pfof (5)
$Xe^* = (-1/b) \cdot \ln[(T + c) \cdot \ln(a_w) / (-a)]$	Chung Pfof Modificado (6)
$Xe^* = \exp[a - (b \cdot T) + (c \cdot a_w)]$	Copace (7)
$Xe^* = 1 / (a \cdot T^b + a_w^c)$	Corrêa (8)
$Xe^* = \frac{(Xm \cdot c \cdot k \cdot a_w)}{(1 - c \cdot a_w) \cdot (1 - k \cdot a_w + c \cdot k \cdot a_w)}$	GAB (9)
$Xe^* = \frac{[Xm \cdot (c/T) \cdot k \cdot a_w]}{(1 - c \cdot a_w) \cdot [(1 - k \cdot a_w + (c/T) \cdot k \cdot a_w)]}$	GAB Modificado (10)
$Xe^* = Xm \cdot [-\ln(a_w)]^n$	Halsey (11)
$Xe^* = [\exp(a - b \cdot T) / -\ln(a_w)]^{1/c}$	Halsey Modificado (12)
$Xe^* = [\ln(1 - a_w) / (-a \cdot T_{abs})]^{1/c}$	Henderson (13)
$Xe^* = \{ \ln(1 - a_w) / [-a \cdot (T + b)] \}^{1/c}$	Henderson Modificado (14)
$Xe^* = a \cdot [a_w / (1 - a_w)]^b$	Oswin (15)
$Xe^* = (a + b \cdot T) / [a_w / (1 - a_w)]^{1/c}$	Oswin Modificado (16)
$Xe^* = [(a \cdot a_w^b) + (c \cdot a_w^d)]$	Peleg (17)
$Xe^* = a \cdot [a_w^b / T^c]$	Sabbah (18)
$Xe^* = \exp\{a - (b \cdot T) + [c \cdot \exp(a_w)]\}$	Sigma Copace (19)
$Xe^* = a - (b \cdot T) - c \cdot \ln(1 - a_w)$	Smith (20)

Em que: Xe* - Teor de água de equilíbrio, % b.s; a_w - Atividade de água, decimal; T - Temperatura, °C; T_{abs} - Temperatura, K; Xm - Teor de água na monocamada molecular, % b.s; e, a, b, c, n, k - Coeficientes que dependem do produto.

calculados para cada modelo matemático utilizando-se as seguintes expressões, respectivamente:

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \tag{21}$$

$$SE = \sqrt{\frac{(Y - \hat{Y}^2)}{GLR}} \tag{22}$$

$$\chi^2 = \sum \frac{|Y - \hat{Y}|^2}{GLR} \tag{23}$$

em que:

- $\frac{Y}{\hat{Y}}$ - valor experimental;
- \hat{Y} - valor estimado pelo modelo;
- n - número de observações experimentais; e
- GLR - graus de liberdade do modelo (número de observações menos o número de parâmetros do modelo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores do coeficiente de determinação, erro médio relativo, erro médio estimado e do teste de Qui-quadrado dos diferentes modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais das isotermas de desorção das sementes de pimenta Cabacinha, para as diferentes condições de temperaturas e atividade de água.

Nota-se que todos os modelos ajustados apresentaram elevados coeficientes de determinação (R² > 89,41%), sendo que o maior valor foi obtido para o modelo de Cavalcanti Mata (3) (R² = 99,71%). Constata-se também que dentre os modelos ajustados os de GAB Modificado (10), Halsey (11), Halsey Modificado (12), Oswin (15), Oswin Modificado (16) e Sabbah (18) apresentaram erros médios relativos (P) acima de 10% o que, segundo Mohapatra & Rao (2005) é um indicativo de que esses modelos não são adequados para representação do fenômeno estudado.

Ainda na Tabela 2 verifica-se que os modelos de Cavalcanti Mata (3), Chen Clayton (4), Chung Pfof (5), Chung Pfof Modificado (6), Henderson (13) e Henderson Modificado (14) apresentaram coeficientes de determinação acima de 99,66%. Segundo Madamba et al. (1996), a utilização isolada do coeficiente de determinação não constitui um bom critério para a seleção de modelos não lineares carecendo, assim, de uma análise mais detalhada.

Em relação aos valores do erro médio relativo, erro médio estimado e Qui-quadrado, verifica-se que os mesmos modelos citados anteriormente também apresentaram os melhores resultados estatísticos (P > 4,55%, SE > 0,52 e χ² > 0,27), respectivamente.

Com base nos parâmetros estatísticos da Tabela 2 e na significância dos coeficientes a 1% pelo teste t (Tabela 3) apresentados neste trabalho, os modelos de Cavalcanti Mata (3), Chen Clayton (4), Chung Pfof (5), Chung Pfof

Tabela 2. Coeficientes de determinação (R²), erros médios relativos (P), erros médios estimados (SE) e Qui-quadrado (χ²) dos diferentes modelos ajustados aos teores de água de equilíbrio higroscópico para as sementes de pimenta (*Capsicum chinense* L.), variedade Cabacinha

Modelos*	R ²	P	SE	χ ²
	(%)			
1	98,79	7,9659	0,9929	0,9859
2	99,51	5,5106	0,6326	0,4002
3	99,71	4,4486	0,4916	0,2417
4	99,67	4,4413	0,5222	0,2726
5	99,66	4,4779	0,5283	0,2791
6	99,66	4,4779	0,5283	0,2791
7	99,08	6,8359	0,8656	0,7492
8	99,47	5,7236	0,6562	0,4306
9	99,51	5,5106	0,6326	0,4002
10	89,41	18,8324	2,8696	8,2347
11	96,58	18,4178	1,6524	2,7303
12	96,61	18,3163	1,6544	2,7372
13	99,68	4,5401	0,5058	0,2558
14	99,69	4,5560	0,5080	0,2581
15	97,89	13,8345	1,3027	1,6970
16	97,94	13,6711	1,2949	1,6768
17	99,57	5,4606	0,5964	0,3557
18	97,18	14,9318	1,5112	2,2838
19	99,45	6,1475	0,6720	0,4515
20	99,08	8,7713	0,8655	0,7490

* Para maiores detalhes do modelo consultar Tabela 1

Modificado (6), Henderson (13) e Henderson Modificado (14) podem ser utilizados para representar a higroscopicidade das sementes de pimenta variedade Cabacinha para a faixa de temperatura de 10 a 40 °C e atividade de água variando de 0,213 a 0,975.

Dentre os modelos que apresentaram os melhores ajustes estatísticos o modelo de Cavalcanti Mata (3) apresentou os menores valores de SE, χ^2 e maior R^2 , sendo selecionado para representar as isotermas de dessorção das sementes de pimenta variedade Cabacinha.

Na Figura 1 estão apresentados os valores experimentais do teor de água de equilíbrio das sementes de pimenta Cabacinha, obtidos por dessorção e os valores estimados pelo modelo de Cavalcanti Mata (3).

Verifica-se, na Figura 1, que para uma atividade de água constante os valores do teor de água de equilíbrio higroscópico reduzem com o aumento da temperatura, seguindo a tendência da maioria dos produtos agrícolas (Fang et al., 1998; Alsdon, 2001; Sogi et al., 2003; Chenlo et al., 2005; Corrêa et al., 2005; Mayor et al., 2005; Kaya & Kahyaoglu, 2006; Resende et al., 2006; Ferreira et al., 2011; Silva & Rodvalho, 2012). O comportamento higroscópico representado pelas curvas isotérmicas é essencial para o manejo das condições ambientais de armazéns de forma que o teor de água do produto permaneça em níveis adequados, que reduzam a possibilidade

Tabela 3. Coeficientes dos melhores modelos ajustados aos teores de água de equilíbrio higroscópico para as sementes de pimenta (*Capsicum chinense* L.), variedade Cabacinha

Modelos	Coeficientes			
	a	b	c	d
Cavalcanti Mata	0,0292**	0,0705**	1,4578**	-
Chen Clayton	5,1358**	-0,1548**	0,2025**	-0,0042 ^{NS}
Chung Pfof	30,9217**	5,0005**	127,7755**	-
Chung Pfof Modificado	484,7834**	0,2000**	127,7757**	-
Henderson	0,0001**	1,4596**	-	-
Henderson Modificado	0,0001**	300,7044**	1,4588**	-

**Significativo a 0,01 pelo teste t, ^{NS} Não Significativo

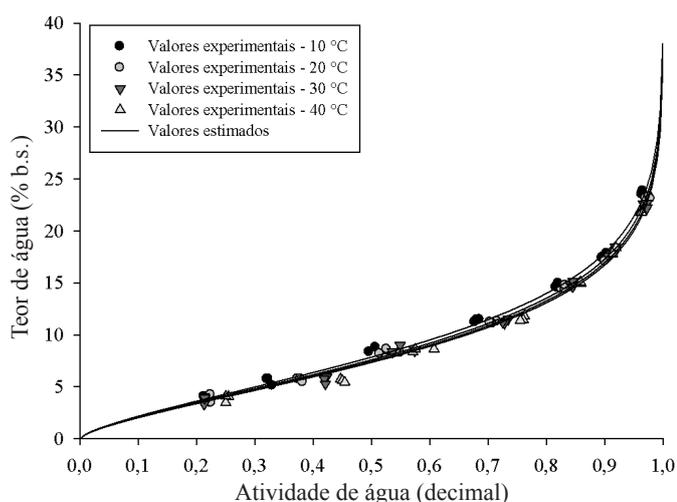


Figura 1. Valores experimentais de teor de água de equilíbrio higroscópico e isotermas de dessorção estimadas pelo modelo de Cavalcanti Mata para as sementes de pimenta (*Capsicum chinense* L.), variedade Cabacinha, obtidos para as diferentes condições de temperatura e atividades de água

de desenvolvimento de fungos e outros patógenos e preserve as características física, química e fisiológica do produto durante o armazenamento.

Este comportamento pode ser justificado com base na diferença de pressão de vapor da água no ar e na superfície do produto. Com o aumento da temperatura há uma redução da pressão parcial de vapor da água no ar além de um aumento na pressão de vapor da água na superfície do produto, devido ao maior número de moléculas de água ligadas às suas estruturas implicando, assim, em maior perda de água para que o produto atinja o equilíbrio higroscópico (Ferreira & Pena, 2003).

Nota-se, ainda na Figura 1, que as isotermas de dessorção das sementes de pimenta Cabacinha estimadas pelo modelo de Cavalcanti Mata (3) possuem formato sigmoidal, características de curvas do tipo II, seguindo a classificação de BET (Brunauer et al., 1938), considerada padrão para produtos agrícolas, como semente de alface (Fang et al., 1998), semente de cenoura (Alsdon, 2001), semente de tomate (Sogi et al., 2003), grãos de trigo (Corrêa et al., 2005), sementes de gergelim (Kaya & Kahyaoglu, 2006), grãos de arroz em casca (Goneli et al., 2007), semente de pimenta (Chenlo et al., 2005; Ferreria et al., 2011; Silva & Rodvalho, 2012), grãos de milho (Smaniotto et al., 2012), entre outros.

As sementes de pimenta são reniformes, aplanadas (Carvalho & Bianchetti, 2008) e pequenas; em geral, a maioria das sementes olerícolas, entre elas a alface, cenoura, tomate, entre outras, apresenta tamanho semelhante às sementes de pimenta, fato que explica a similaridade dos resultados encontrados neste trabalho e os observados para outras espécies olerícolas.

A forma das isotermas depende da estrutura física (tamanho e formato) e composição química do produto (Alsdon, 2001), tal como da temperatura trabalhada (Mayor et al., 2005). Fabra et al. (2009) complementam que a forma típica de uma curva isotérmica reflete a maneira pela qual a água se liga ao sistema de membranas do produto. Assim, interações fracas entre as moléculas de água e a superfície do produto geram maior atividade de água; portanto, o produto se torna mais instável. Quando as interações são fortes, a atividade de água é menor e o produto fica mais estável, mantendo-se menos sujeito às deteriorações que podem ocorrer durante o armazenamento.

CONCLUSÕES

1. Para uma atividade de água constante o teor de água das sementes de pimenta Cabacinha reduz com o aumento da temperatura.
2. Os modelos de Cavalcanti Mata, Chen Clayton, Chung Pfof, Chung Pfof Modificado, Henderson e Henderson Modificado são os que melhor se ajustam à higroscopicidade das sementes de pimenta Cabacinha para a faixa de temperatura de 10 a 40 °C e atividade de água de 0,213 a 0,975.
3. Baseando-se nos parâmetros estatísticos e quando comparado aos demais testados, o modelo de Cavalcanti Mata representa satisfatoriamente as isotermas de sorção das sementes de pimenta.
4. As isotermas de dessorção das sementes de pimenta Cabacinha apresentam formato sigmoidal, comum para a maioria dos produtos agrícolas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES, FINEP, FAPEG e ao IF Goiano pelo apoio financeiro indispensável à execução do presente trabalho.

LITERATURA CITADA

- Alsadon, A. A. Water sorption isotherms of vegetable seeds as influenced by seed species and storage temperature. *Assiut Journal of Agricultural Science*, v.32, p.157-170, 2001.
- Araújo, L. F.; Corrêa, P. C.; Silva, R. F. Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessecamento de sementes de milho-doce. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.991-995, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000700009>
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- Brunauer, S.; Emmett, P. H.; Teller, E. Adsorption of gases in multimolecular layer. *Journal of American Chemistry Society*, v.60, p.309-312, 1938. <http://dx.doi.org/10.1021/ja01269a023>
- Carvalho, S. C. I.; Bianchetti, L. B. Botânica e recursos genéticos. In: Ribeiro, S. C. R.; Lopes, C. A.; Carvalho, S. I. C.; Henz, G. P.; Reifschneider, F. J. B. *Pimenta Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p.39-54.
- Carvalho, S. C. I.; Bianchetti, L. B.; Ribeiro, C. S. C.; Lopes, C. A. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. 27p.
- Chenlo, F.; Moreira, R.; Chaguri, L.; Santos, F. Isotermas de dessecamento de pimentos de padron (*Capsicum annuum* L. Var. Longum). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, v.5, p.18-24, 2005.
- Corrêa, P. C.; Goneli, A. L. D.; Resende, O.; Ribeiro, D. M. Obtenção e modelagem das isotermas de dessecamento e do calor esotérico de dessecamento para grãos de trigo. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.7, p.39-48, 2005. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v7n1p39-48>
- Fabra, M. J.; Talens, P.; Moraga, G.; Martínez-Navarrete, N. Sorption isotherm and state diagram of grapefruit as a tool to improve product processing and stability. *Journal of Food Engineering*, v.93, p.52-58, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.029>
- Fang, J.; Moore, F.; Roos, E.; Walters, C. Three-dimensional models represent seed moisture content as a function of relative humidity and temperature. *Hort Science*, v.33, p.1207-1209, 1998.
- Ferreira, C. D.; Pena, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, p.251-255, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612003000200025>
- Ferreira, S. C. S.; Silva, H. W.; Rodovalho, R. S. Isotermas de dessecamento e calor latente de vaporização da semente de pimenta Cumari Amarela (*Capsicum chinense* L.). *Revista Liberato*, v.13, p.1-16, 2011.
- Freitas, R. A.; Nascimento, W. M.; Carvalho, S. I. C. Produção de sementes. In: Ribeiro, S. C. R.; Carvalho, S. I. C.; Henz, G. P.; Reifschneider, F. J. B. *Pimenta Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p.173-187.
- Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Resende, O.; Nogueira, B. L.; Botelho, F. M. Modelagem matemática do equilíbrio higroscópico dos grãos de arroz em casca obtidos pelos métodos estático e dinâmico. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v.32, p.152-160, 2007.
- Kaya, S.; Kahyaoglu, T. Influence of dehulling and roasting process on the thermodynamics of moisture adsorption in sesame seed. *Journal of Food Engineering*, v.76, p.139-147, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.042>
- Madamba, P. S.; Driscoll, R. H.; Buckle, K. A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, v.29, p.75-97, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774\(95\)00062-3](http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774(95)00062-3)
- Mayor, L.; Moreira, R.; Chenlo, F.; Sereno, A. M. Water sorption isotherms of fresh and partially osmotic dehydrated pumpkin parenchyma and seeds at several temperatures. *European Food Research and Technology*, v.220, p.163-167, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-004-1065-4>
- Mohapatra, D.; Rao, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering*, v.66, p.513-18, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.023>
- Resende, O.; Corrêa, P. C.; Goneli, A. L. D.; Ribeiro, D. M. Isotermas e calor isostérico de dessecamento do feijão. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v.26, p.626-631, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000300022>
- Silva, H. W.; Rodovalho, R. S. Isotermas de dessecamento das sementes de pimenta malagueta. *Global Science and Technology*, v.5, p.32-39, 2012.
- Smaniotta, T. A. S.; Resende, O.; Oliveira, D. E. C.; Sousa, K. A. Campos, R. C. Isotermas e calor latente de dessecamento dos grãos de milho da cultivar AG 7088. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.11, p.312-322, 2012.
- Sogi, D. S.; Shivhare, U. S.; Garg, S. K.; Bawa, A. S. Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds. *Biosystems Engineering*, v.84, p.297-301, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00275-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00275-1)