

Respiração de pimentão amarelo sob influência do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento

Silvia Antoniali¹; Paulo M Leal¹; Ana Maria de Magalhães¹; Rogério T Fuziki¹; Juliana Sanches²

¹UNICAMP/FEAGRI, C. Postal 6011, 13083-970 Campinas-SP; E-mail: antoniali@yahoo.com; ²Instituto Agrônômico, Centro APTA de Engenharia e Automação, C. Postal 26, 13201-970 Jundiaí-SP; E-mail: pamleal@agr.unicamp.br

RESUMO

Determinou-se a taxa respiratória do pimentão amarelo 'Zarco HS' sob influência do estágio de maturação na colheita e da temperatura de armazenamento. Os pimentões foram colocados em frascos hermeticamente fechados e acondicionados em 4 BODs com diferentes temperaturas: 5; 10; 15 e 25°C, para os produtos colhidos no verão, e 5; 10; 15 e 20°C, para os colhidos no inverno. Foram utilizados cinco frascos com aproximadamente 0,5 kg de produto por temperatura. Foi utilizado o sistema de fluxo contínuo de ar dentro dos frascos com auxílio de um fluxômetro (*flow board*). As leituras do CO₂ foram feitas em cromatógrafo gasoso VARIAN 3400, sendo realizadas cinco leituras por temperatura durante um período de sete dias, no verão, e 8 dias, no inverno. Após o término do experimento de inverno, a temperatura das BODs foi mantida a 10°C para a condução do segundo estudo. Neste, pimentões com 25%; 50%; 75% e 100% de coloração amarela foram armazenados para determinação da taxa respiratória durante seis dias. O delineamento experimental utilizado, em ambos os estudos, foi o inteiramente casualizado com cinco repetições. O amadurecimento do pimentão amarelo caracterizou-se por acréscimo na taxa respiratória, sendo que a temperatura de 5°C resultou em maior redução deste processo, em frutos de pimentão amarelo.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., pós-colheita, conservação.

ABSTRACT

Respiration of yellow bell pepper 'Zarco HS' under influence of the maturation stage and of the storage temperature

The respiratory rate of the yellow bell pepper 'Zarco HS' was determined under influence of the stadium of maturation at harvest and at storage temperature. The bell peppers were placed inside tightly closed flasks and conditioned in 4 BODs with different temperatures: 5; 10; 15 and 25°C, for the products harvested at summer, and 5; 10; 15 and 20°C, for harvested at winter. Five flasks were used with approximately 0.5 kg of product. The system of continuous air flow was used inside of the flasks with aid of a flow board. The readings of CO₂ were made in gaseous chromatograph VARIAN 3400, being accomplished five readings for each temperature during a period of seven days, in the summer, and 8 days, in the winter. After the end of the winter experiment, the temperature of BODs was maintained at 10°C for the conduction of the second study. In this second study, bell peppers with 25%; 50%; 75% and 100% of yellow coloration were stored for determination of the respiratory rate for six days. The experimental design was completely randomized, with five repetitions in both studies. The ripening of the yellow bell pepper was characterized by the increment of respiratory rate, and the temperature of 5°C resulted in larger reduction of this process.

Keywords: *Capsicum annuum* L., postharvest, conservation.

(Recebido para publicação em 07 de março de 2005; aceito em 19 de setembro de 2005)

O pimentão está entre as 10 hortaliças mais consumidas no mercado brasileiro. No Brasil, em 2000, a área cultivada com pimentões atingiu 13,1 mil ha. A produtividade média brasileira, no período de 1996 a 2000, aumentou em 300%, passando de 10,4 para 32,6 toneladas por hectare (Blat-Marchizeli *et al.*, 2003).

Nos últimos 10 anos, no estado de São Paulo, a área cultivada com pimentão aumentou 68% enquanto que o aumento na produção foi de 116%. No entanto, associado ao emprego de tecnologias que visem ao aumento da produção, é necessária a implementação de iniciativas para reduzir as perdas pós-colheita. Segundo dados do Instituto de Economia Agrícola do estado de São Paulo cerca de 30% de hortifrutícolas colhido são perdidos, contabilizando uma per-

da anual de US\$ 5,1 bilhões (Agriannual, 2002; Blat-Marchizeli *et al.*, 2003).

Em países de clima tropical, é indispensável o uso da refrigeração que permite retardar os eventos fisiológicos que levam a senescência dos produtos colhidos. Para Henz (1992) o uso da refrigeração associada à embalagem favorece o aumento da vida útil de frutos de pimentão cv. Magda e em concordância com este autor, Antoniali *et al.* (2002) verificaram que a utilização da refrigeração retarda o amadurecimento dos frutos de pimentão amarelo, aumentando sua vida de prateleira sendo técnica eficiente para conservação pós-colheita.

Segundo Aguilera & Chirife (1994), a alta perecibilidade de frutas e hortaliças, juntamente com a ausência de condições adequadas na colheita, transporte, embalagem e armazenagem, contri-

buem para o elevado percentual de perdas pós-colheita. Barros *et al.* (1994), relataram que, do local de produção até o consumidor, há um grande aumento no preço do produto, e conseqüentemente, qualquer perda após a colheita resulta em acréscimo no custo da comercialização.

A velocidade com que se processa a respiração é um bom indicador do potencial de conservação de frutas e hortaliças após a colheita uma vez que altas taxas respiratórias estão, geralmente, associadas à vida útil curta no armazenamento. Em síntese, a respiração consiste na decomposição oxidativa de substâncias complexas presentes nas células, como amido, açúcares e ácidos orgânicos em moléculas simples, CO₂ e H₂O, com produção de energia. Portanto, após a colheita, o fruto tem sua vida

independente e usa como substrato para suas funções vitais as reservas acumuladas, durante o crescimento e maturação (Kluge *et al.*, 2002).

Este trabalho teve como objetivo determinar a taxa respiratória do pimentão amarelo, 'Zarco HS', sob influência do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos conduzidos nos laboratórios da UNICAMP, em duas épocas distintas, janeiro (verão) e junho (inverno). Foram utilizados frutos de pimentão amarelo 'Zarco HS', colhidos em estufas da Fazenda Ituaú, localizada em Salto (SP), quando apresentavam 30% a 50% de cor amarela. Os pimentões foram colocados em frascos hermeticamente fechados e acondicionados em BODs sob diferentes temperaturas. Para o primeiro experimento, realizado no verão, as temperaturas estudadas foram 5°C; 10°C; 15°C e 25°C, para o segundo experimento, realizado no inverno as temperaturas foram 5°C; 10°C; 15°C e 20°C e para o terceiro experimento, onde se fixou a temperatura em 10°C e variou-se o estágio de maturação; 25; 50; 75 e 100% de coloração amarela. Foram utilizados cinco frascos em cada BOD, com aproximadamente 0,5 kg de produto. O sistema de fluxo contínuo de ar, dentro dos frascos foi feito com auxílio do fluxômetro (*flow board*). O '*flow board*', aqui denominado fluxômetro (controlador de fluxo), é uma unidade de controle de múltiplas saídas. A estrutura foi feita de madeira, os distribuidores de tubos de PVC perfurados para 25 saídas. Cada perfuração recebeu um segmento de tubo plástico, colado com silicone gel, para funcionar como entrada ou saída (Calbo, 1989). O cálculo do fluxo de ar ambiente é função da temperatura e do calor de respiração de cada produto (Claypool & Keefer, 1942). O fluxo de ar no fluxômetro foi regulado instalando-se um capilar em cada uma das linhas de gás ligadas aos recipientes herméticos. Os capilares instalados no fluxômetro determinavam o fluxo de ar que era levado ao produto. Para o cálculo deste fluxo deve-se levar em

consideração um acúmulo máximo de 0,3% de CO₂ no interior do frasco com uma vazão inferior à necessária para arrastar o CO₂ produzido pela respiração do produto para fora do frasco. Sendo assim, a partir do fluxo desejado, foram calculados os capilares a serem utilizados. O fluxo foi calculado usando a equação:

$$F = \frac{\left(\frac{\text{mLCO}_2}{\text{kg.h}} \right) * 100 * M(\text{kg})}{0,3 * 1000}$$

Onde:

F = fluxo em L h⁻¹;

mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ = respiração citada em literatura;

100 e 0,3 = fatores de correção para um acúmulo máximo de 0,3%CO₂;

M = massa do produto no frasco, em kg;

1000 = fator para transformação de mL para L.

Nas tampas de plástico dos frascos de vidro (26 x13 cm, volume 3,5 litros) onde o produto foi acondicionado, foram feitos três furos nos quais foram adaptadas duas tubulações (entrada e saída de fluxo) e um septo para retirada de amostras que eram levadas ao cromatógrafo, para a determinação do conteúdo de CO₂.

Para identificação da melhor temperatura de acondicionamento do produto, foram utilizados cinco BODs, nas quais foram colocados cinco tubos de cobre (diâmetro de 5 mm e aproximadamente 3 m de comprimento) formando uma serpentina, para que o fluxo do ar de entrada nos frascos atingisse a temperatura de armazenagem e cinco tubos plásticos (diâmetro de 8 mm) para a saída de gases dos frascos. Então, cada manômetro do fluxômetro, ajustado para o fluxo correspondente à temperatura, foi conectado a estes tubos permitindo assim uma entrada e saída do ar dos frascos herméticos proporcionando o fluxo contínuo de ar desejado.

As determinações do teor de CO₂ nos frascos foram feitas em cromatógrafo gasoso VARIAN 3400, utilizando-se coluna empacotada "Chromosorb 106 60/80" com vazão de 21,43 ml/min de gás de arraste hélio, por sete dias no

verão, oito dias no inverno e seis dias no experimento de estágio de maturação.

A taxa respiratória foi determinada pelas seguintes equações que envolvem as áreas dos picos produzidos pelo cromatógrafo, o fluxo de ar utilizado em cada frasco e a massa do produto:

Cálculo da porcentagem de CO₂ nos frascos:

$$\%CO_2 = \frac{(A_p - A_a)_{\text{padrão}}}{A_{\text{padrão}}} / 10^4$$

Onde: *A_p* = área do pico da amostra; *A_a* = área do pico do ar de entrada; *A_{padrão}* = área do pico do padrão utilizado; *padrão* = concentração em ppm do padrão utilizado.

Cálculo de CO₂ em mL h⁻¹:

$$CO_2 (\text{mL.h}^{-1}) = \left(\frac{\%CO_2 * \text{fluxo}}{100} \right) * 1000$$

Onde: *fluxo* = fluxo de ar utilizado para cada frasco com o produto, em L h⁻¹;

Cálculo da atividade respiratória, em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹:

$$R = \left(\frac{CO_2 (\text{mL.h}^{-1}) * 1000}{M} \right) * \rho_{CO_2}$$

Onde: R = respiração do produto em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; M = massa do produto, em kg; ρ_{CO_2} = densidade do CO₂ na temperatura estudada (kg m⁻³).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos (5°C; 10°C; 15°C e 25°C no verão e 5°C; 10°C; 15°C e 20°C no inverno) e 5 repetições com 0,5 kg de produto, sendo cada frasco uma unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Após o término do experimento do inverno, as BODs foram ajustadas para a temperatura de 10°C, a massa de produtos em 0,5 kg por frasco, o fluxo nos frascos internos ajustados a partir da taxa de respiração do produto para a

temperatura de 10°C e regulados pelo fluxômetro com o uso dos capilares. Os pimentões, colhidos em 4 estádios de maturação, correspondentes a 25; 50; 75 e 100% de cor amarela, foram armazenados nas BODs a 10°C, durante seis dias. Periodicamente, foi retirada uma amostra gasosa de cada frasco através dos septos, utilizando-se uma seringa própria para cromatografia, para determinação do conteúdo de CO₂ no interior do frasco, em cromatógrafo a gás. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos (25%; 50%; 75% e 100% de cor amarela) e 5 repetições sendo cada frasco uma unidade experimental (0,5 kg de pimentão). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa respiratória do pimentão amarelo aumentou com a temperatura (Figura 1), conforme o explicado por Phan *et al.* (1975), de acordo com a Lei de Van't Hoof. O produto submetido à temperatura de 5°C apresentou taxa respiratória de 8 até 18 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ no verão, e entre 2 e 7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ no inverno. Para as demais temperaturas de armazenagem, no verão, taxa respiratória aumentou entre 20 e 45 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, a 10°C, 30 e 68 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, a 15°C, e 110 e 504 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, a 25°C. No inverno, o aumento na taxa respiratória variou de 3 a 11,3 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, a 10°C, 5 a 23 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, a 15°C, e 9,8 a 41,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, a 20°C.

A 5°C, os valores encontrados para a taxa respiratória do pimentão amarelo no verão foram semelhantes aos encontrados por Scholz *et al.* (1963) citado por Hardenburg *et al.* (1986) enquanto que no inverno, estes valores foram inferiores aos encontrados pelos autores, à mesma temperatura. Para as demais temperaturas, no verão, estes valores se mostraram bem superiores e no inverno, próximo aos encontrados por Scholz *et al.* (1963) citado por Hardenburg *et al.* (1986), para variedades do Texas, EUA. Esta diferença na taxa respiratória do produto nas duas épocas climáti-

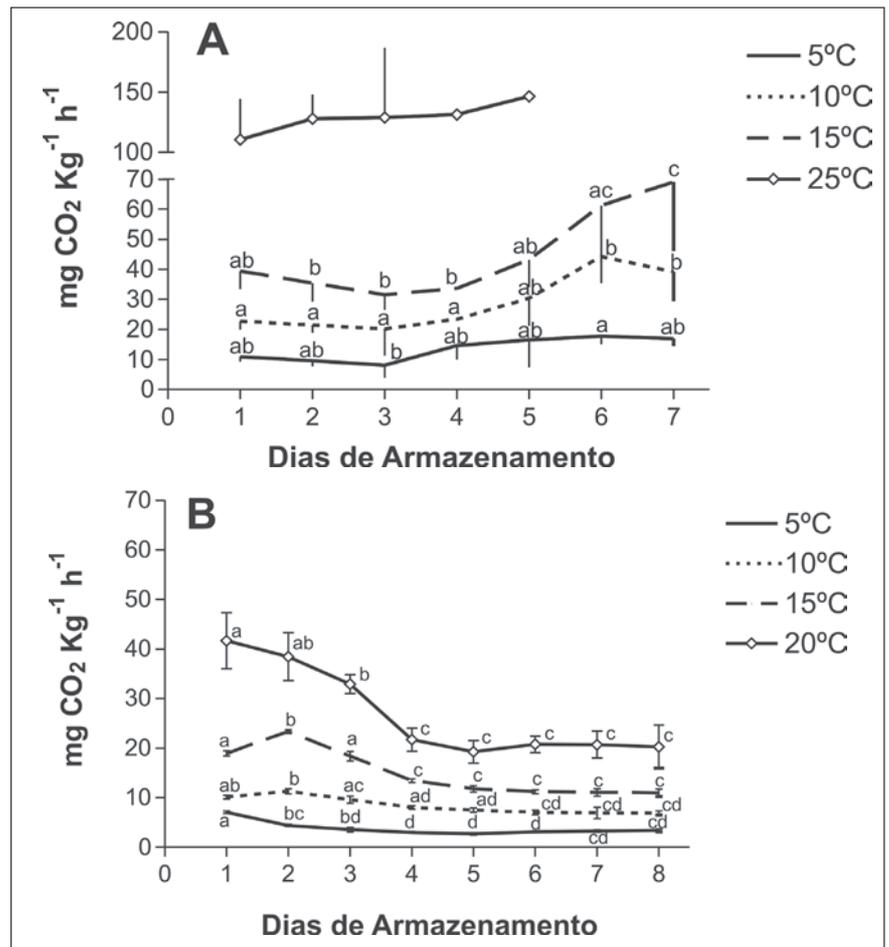


Figura 1. Taxa respiratória de pimentões amarelos 'Zarco HS' armazenados sob diferentes temperaturas, em duas épocas climáticas, verão (A) e inverno (B). Campinas, UNICAMP, 2002. Pontos seguidos de mesma letra, na mesma curva, não diferem entre si (Tukey, P≤0,05).

cas estudadas está associada à grande diferença na temperatura durante o cultivo desta hortaliça, sendo que esta região apresenta verão quente e inverno rigoroso.

Verificou-se que em todos os tratamentos do verão, o aumento da taxa respiratória foi altamente significativo ao longo do período de armazenamento, o que confirma (Hardenburg, 1986; Kluge *et al.*, 2002) que à medida que o fruto amadurece suas reações metabólicas aumentam, pois a respiração assume papel principal, após a colheita e é responsável pelas transformações bioquímicas que ocorrem durante o amadurecimento.

Comparando-se os dois gráficos na Figura 1, nota-se que os produtos colhidos no verão apresentaram taxa respiratória entre 8,1 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (5°C) e 146,5 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (25°C) enquanto para o produto colhido no inverno 2,7

mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (5°C) e 41,7 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (20°C). Portanto, observa-se que o produto no verão, mesmo em baixa temperatura, apresenta uma taxa respiratória maior que o produto de inverno, aumentando seu metabolismo com o decorrer do período de armazenamento.

Para os experimentos realizados no inverno, as taxas respiratórias foram menores que as obtidas para a mesma variedade estudada no verão. Observou-se, então, que o produto sofre interferência da época do ano em que for colhido, sugerindo a necessidade de uma rápida retirada do calor de campo do produto logo após a colheita principalmente para os produtos colhidos no verão.

A partir do teste de Tukey, verificou-se uma diferença na taxa respiratória durante os dias de armazenamento com aumento da respiração em função dos dias de armazenamento para os produtos colhidos no verão e diminuição des-

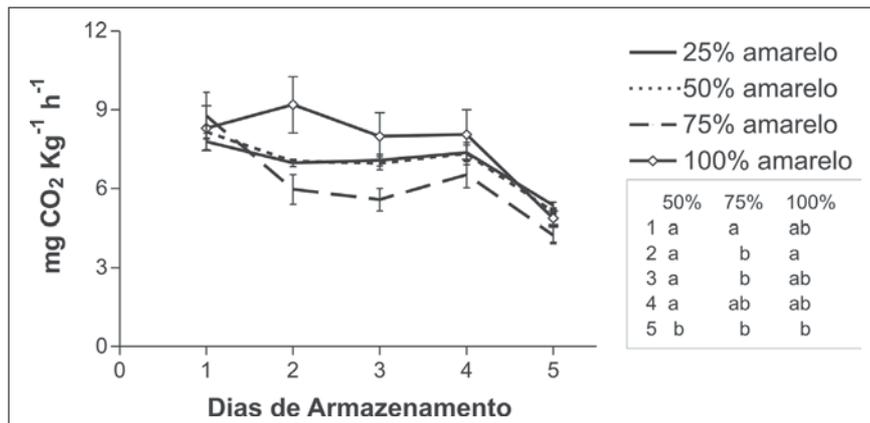


Figura 2. Taxa respiratória de pimentões amarelos ‘Zarco HS’ colhidos em diferentes estágios de maturação e armazenados a 10°C. Campinas, UNICAMP, 2002.

Na tabela abaixo da legenda é mostrado o teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Pontos seguidos de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si, para os dias de armazenamento.

	50%	75%	100%
1	a	a	ab
2	a	b	a
3	a	b	ab
4	a	ab	ab
5	b	b	b

ta para os produtos colhidos no inverno. Quanto menor a temperatura de armazenamento do pimentão, menor foi sua taxa respiratória com diferença significativa observada através do desvio padrão (Figura 1) o que proporcionou uma maior conservação pós-colheita (Gast & Flores, 1991).

Verificou-se que a temperatura de 5°C foi a mais adequada para estocagem do pimentão amarelo ‘Zarco HS’ colhido tanto no verão quanto no inverno. Esta resposta discorda de Hochmuth (1991), Sargent et al. (1991a), Hartz et al. (1996) e Jobling (2001) que, generalizando, afirmam que as condições ideais de estocagem para o pimentão estão na faixa de 7 a 13°C. Deve-se salientar que esta temperatura foi avaliada somente com base na respiração do produto, sem qualquer avaliação de custos ou efeito sobre as características de qualidade.

A taxa respiratória de pimentões amarelos em diferentes estágios de maturação variou de 4,24 a 9,19 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, independentemente do estágio de maturação que foi colhido (Figura 2). Estes valores foram próximos aos encontrados para a mesma temperatura no experimento de inverno (3 a 11,3 mg CO₂.kg⁻¹ h⁻¹), o que era esperado pois ambos os experimentos (inverno e estágio de maturação) foram realizados consecutivamente.

A respiração diminuiu no decorrer do armazenamento em temperaturas baixas, 10°C, independentemente do estágio

de maturação do produto (Figura 2). Verificou-se também que a taxa respiratória apresentou diferença significativa para os tratamentos 50%, 75% e 100% de cor amarela à medida que aumentava os dias de armazenamento, diminuía a taxa respiratória (Tukey, $P \leq 0,05$). Quando se estudou a diferença entre os tratamentos nos dias de armazenagem, foi verificada uma diferença significativa para os tratamentos 100% e 75% de cor amarela, visivelmente mostrado pelo desvio padrão (Figura 2). Para os tratamentos 25% e 50% esta diferença foi não significativa no decorrer de todo período de armazenagem e com exceção do segundo dia de armazenagem, estes dois tratamentos também não diferiram dos demais.

Concluiu-se que a temperatura de 5°C para a estocagem do pimentão amarelo ‘Zarco HS’ reduziu a taxa respiratória, e conseqüentemente a atividade metabólica, aumentando sua vida útil. Esta temperatura de armazenagem para o pimentão amarelo ‘Zarco HS’ ainda requer estudos visando qualidade do produto e custo benefício em relação às instalações frigoríficas.

A taxa respiratória do pimentão amarelo varia em função da temperatura de armazenagem e não em relação a diferentes estágios de maturação no qual foi colhido.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento do projeto (99/04969-7), ao SAE/PIBIC

pela concessão das bolsas de iniciação científica, e ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA JM; CHIRIFE J. 1994. Combined methods for the preservation of foods in Latin American and the CYTED – D project. *Journal of Food Engineering*, 22: 433– 444.
- AGRIANUAL, *Anuário da agricultura brasileira*. 2002. Edição: FNP Consultoria e Comércio. São Paulo. 545 p.
- ANTONIALI S; LEAL PAM; CHINCHIO G; PATARO LL; BORGHI E. 2002. Comparação de duas temperaturas de refrigeração na conservação pós-colheita de pimentão amarelo submetido a diferentes embalagens. 2002. In: FEIRA E CONGRESSO DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL. Florianópolis. CD-Rom... Florianópolis: ASBRAV.
- BARROS JCSM; GOES A; MINAMI K. 1994. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Scientia Agricola*, 51: 363-368.
- BLAT-MARCHIZELI SFB; YAÑEZ LDT; COSTA CP. 2003. Pimentão: Deu oídio. *Revista Cultivar Hortaliças e Frutas*, 21: 10-11.
- CALBO AG. 1989. Adaptação de um fluxmetro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24: 733-739.
- CLAYPOOL LL; KEEFER RM. 1942. A colorimetric method for CO₂ determination. *American Society for Horticultural Science*, 40: 177-186.
- GAST KLB; FLORES R. 1991. Precooling produce – fruits and vegetables. In: POSTHARVEST MANAGEMENT OF COMMERCIAL HORTICULTURAL CROPS. Kansas: Cooperative Extension Service.
- HARDENBURG RE; WATADA AE; WANG CY. 1986. *The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks*. Washington: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 136 p. (Agricultural Handbook Number 66)
- HARTZ TK; LESTRANGE M; MAYBERRY KS; SMITH RF. 1996. *Bell Pepper Productin in California*, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 7217, Vegetable Research and Information Center, Vegetable Production Series. 3 p.
- HENZ GP. 1992. Conservação pós-colheita de pimentão através do uso de embalagem e refrigeração. *Horticultura Brasileira*, 10: 110-112.
- HOCHMUTH G. 1991. *Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook*, vol. 3. Florida: Cooperative Extension Service Publication SP-48.
- JOBLING J. 2001. *Modified atmosphere packing: not as simple as it seems*. Sydney. 3 p.
- KLUGE RA; NACHTIGAL JC; FACHINELLO JC; BILHALVA AB. 2002. *Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado*. Campinas: Livraria e Editora Rural, 214 p.
- SARGENT SA; RITENOUR MA and BRECHT JK. 1991. *Handling, Cooling and Sanitation Techniques for Maintaining Pstharvest Quality*. Vegetables Crops Dept. University of Florida – Cooperative Extension Service – Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville. SSVEC-47. April 1 p.