

Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos

Elaine C Cerqueira-Pereira¹; Marcelo A Pereira¹; Simone da C Mello², Angelo Pedro Jacomino², Marcos Jose Trevisan², Carlos Tadeu dos S Dias³

²ESALQ/USP, Depto. Produção Vegetal, C. postal 09, 13418-900 Piracicaba-SP; ³ESALQ/USP, Depto. Ciências Exatas, C. postal 09, 13418-900 Piracicaba-SP; ¹Doutorandos ESALQ/USP; scmello@esalq.usp.br; jacomino@esalq.usp.br; mjtrevi@carpa.ciagri.usp.br; ecerque@esalq.usp.br; mapereir@esalq.usp.br; ctsdias@esalq.usp.br

RESUMO

O extenso período para a maturação do pimentão faz com que a colheita antecipada seja alvo de interesse por parte dos produtores. Entretanto, para a comercialização é necessário que os frutos apresentem no mínimo 70% da sua coloração. Uma forma de promover o aparecimento da cor seria submeter os frutos à ação de etileno. Neste trabalho estudou-se a aplicação do gás etileno na pós-colheita de frutos de pimentão 'Rubia R' (frutos vermelhos) e 'Prador R' (frutos amarelos), que foram coletados quando apresentavam 15% de sua superfície colorida. O gás (120 µL L⁻¹) foi aplicado a cada 6 horas durante 88 horas, em câmara mantida a 22°C e 80% de UR, onde os frutos estavam dispostos em prateleiras. O etileno acelerou o aparecimento da cor e promoveu aumento no teor de sólidos solúveis nos pimentões 'Rubia R'. Os valores de ácido ascórbico, acidez titulável e pH dos frutos não sofreram alterações com a aplicação do gás para ambas as cultivares.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, regulador vegetal, maturação.

ABSTRACT

Effect of the application of ethylene on the postharvest quality of red and yellow bell peppers fruits

The long period for bell pepper fruit maturation makes early harvests object of interest for farmers. However, pepper fruits must have at least 70% of their coloration for commercialization. The exposure of fruits to ethylene gas can enhance uniform color. This work had the objective to study the ethylene action on postharvest behavior of bell peppers 'Prador R' (yellow fruits) and 'Rubia R' (red fruits) picked with 15% of their surface colored. The gas (120 µL L⁻¹) was applied each six hours during 88 hours in a chamber maintained at 22°C and 80% RH on fruits kept in shelves. The ethylene accelerated the color development and increased the soluble solids content of bell peppers 'Rubia R'. The ascorbic acid, titratable acidity and pH of fruits were not affected due to gas application for both pepper varieties.

Keywords: *Capsicum annuum*, vegetable regulator, maturation.

(Recebido para publicação em 11 de novembro de 2006; aceito em 13 de novembro de 2007)

O pimentão (*Capsicum annuum*) está entre as hortaliças mais produzidas em ambiente protegido. Neste sistema, são plantadas as cultivares que originam frutos vermelhos, amarelos, laranjas, cremes e roxos, pois são comercializados a preços mais elevados no mercado. Entretanto, o custo de produção desses frutos é maior, em virtude, dentre outros fatores, do extenso período para a maturação dos frutos, principalmente quando produzidos no período do inverno.

Desse modo, tem sido alvo de interesse dos produtores anteciparem a colheita, com o objetivo de reduzir o tempo de permanência dos frutos na planta, quando o preço do produto está mais elevado no mercado.

Para acelerar a degradação da clorofila e ativar a síntese dos carotenóides ou promover o aparecimento daqueles preexistentes, o etileno tem sido usado, uma vez que esse regulador vegetal controla o processo de maturação (Wills *et al.*, 1998).

A cor é um dos principais atributos para o consumidor escolher os frutos de pimentão, sendo que além dos frutos verdes, os vermelhos e os amarelos são os mais populares (Frank *et al.*, 2001). A aplicação exógena de etileno promove respostas diferentes em frutos não climatéricos, como o pimentão (Chitarra & Chitarra, 2005), pois sua ação no aparecimento da cor depende da forma de aplicação e da dose do produto, da cultivar e do estágio de maturação do fruto (Molinari *et al.*, 1999).

A maneira mais adequada de aplicação do etileno é após a colheita, pois pulverizações realizadas na planta podem promover abscisão das folhas e frutos, limitando a produção (Locascio & Smith, 1977; Hoyer, 1996).

Os efeitos deste hormônio na maturação dos frutos têm sido variáveis em função das cultivares (Molinari *et al.*, 1999). Em pimentão 'Robusta', a aplicação de etileno (100 µL L⁻¹), sob fluxo contínuo, antecipou em 6,4 dias e

em 4,7 dias a maturação completa dos frutos (Fox *et al.*, 2005). Para as cultivares Triple 4 (frutos vermelhos) e Kelvin (frutos amarelos), a mesma dose de etileno não acelerou o aparecimento da cor nos frutos, colhidos com 10% a 30% de cor, sendo que a maturação completa ocorreu aos 4,7 e aos 5,2 dias após a colheita para a cultura produzida no inverno e no verão, respectivamente (Molinari *et al.*, 1999).

Além da cultivar, o estágio de maturação do fruto também é fundamental para que o etileno possa atuar no aparecimento da cor após a colheita (Salveit, 1977). Frutos colhidos sem sinais de degradação de clorofila não respondem à aplicação do etileno como promotor da maturação (Fox *et al.*, 2005).

Embora os pimentões sejam escolhidos principalmente pela cor, outros atributos são considerados importantes, como o teor de vitamina C, que atua como agente antioxidante na prevenção de doenças (Block & Langseth, 1994),

o teor de sólidos solúveis e a acidez, que conferem sabor aos frutos. Nesse contexto, o etileno também pode alterar a qualidade do pimentão.

Entretanto, poucas informações estão disponíveis a respeito do efeito do etileno na pós-colheita do pimentão, levando-se em consideração o grande número de cultivares. Neste trabalho objetivou-se estudar a ação deste regulador vegetal na coloração e em outras características dos pimentões vermelhos 'Rubia R' e amarelos 'Prador R'.

MATERIAL E MÉTODOS

Pimentões das cultivares Rubia R (vermelho) e Prador R (amarelo) foram produzidos em estufas localizadas no município de Campinas, de 26/10/05 a 05/05/06. Eles foram colhidos quando apresentavam 15% de suas superfícies coloridas, acondicionados em caixas plásticas e transportados em veículo não refrigerado, até a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba (SP).

Os frutos foram analisados no início do experimento e após quatro dias de armazenamento quanto à massa fresca dos frutos, acidez titulável, teor de sólidos solúveis (°Brix), teor de ácido ascórbico e pH.

No final do experimento foi avaliada também a cor da polpa com o auxílio de um colorímetro, tomando-se duas leituras por fruto na região colorida. Para os frutos vermelhos e amarelos, foram obtidas as coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , respectivamente, sendo que os valores positivos de a^* estavam relacionados à intensidade da cor vermelha e os valores positivos de b^* à intensidade da cor amarela.

Durante o armazenamento, foi avaliada diariamente, a coloração visual dos frutos através da atribuição de notas (1= 25% da polpa completamente amarela ou vermelha, ou seja, completamente colorida; 2= 50% da polpa completamente colorida; 3= 75% da polpa completamente colorida; e 4= 100% da polpa completamente colorida).

Para obter a acidez titulável, 10 g da polpa foram homogeneizados com 90 mL de água destilada. A titulação foi feita com hidróxido de sódio a 0,1 M até que se atingisse pH 8,1, usando a metodologia de Carvalho *et al.* (1990).

Tabela 1. Efeito do etileno na coloração dos pimentões 'Prador R' e 'Rubia R', avaliado pela atribuição de notas, durante quatro dias de armazenamento (effect of ethylene on bell pepper fruits coloration, during four days storage). Piracicaba, USP/ESALQ, 2006.

Dias	Prador R			Rubia R		
	Etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$)		C.V. %	Etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$)		C.V. %
	0	120		0	120	
1	1,60 b	2,53 a	33,14	1,4 a	1,73 a	32,42
2	2,13 a	2,53 a	23,97	1,53 a	2,06 a	33,95
3	2,46 a	2,53 a	23,95	1,86 b	2,53 a	27,98
4	2,66 a	2,93 a	19,73	2,20 b	2,93 a	24,13

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$) (means followed by the same letter in the column did not differ from each other; Tukey's test, $p < 0,05$).

O teor de sólidos solúveis e o pH foram determinados por leitura direta em soluções de polpa homogeneizada, em um refratômetro e em um peagâmetro, respectivamente. Os resultados do teor de sólidos solúveis foram expressos em °Brix.

Para a determinação do teor de ácido ascórbico, 10 g da polpa foram homogeneizados com 50 mL de ácido oxálico a 1%, e tituladas com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (Carvalho *et al.*, 1990). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

Para cada cultivar foi instalado um experimento observando-se um delineamento inteiramente casualizado, composto por duas concentrações de etileno (0 e 120 $\mu\text{L L}^{-1}$) e cinco repetições, sendo que cada repetição foi composta por três frutos. Para as análises destrutivas foram tomados todos os frutos de cada repetição, ou seja, três frutos, num total de cinco repetições. O gás etileno foi aplicado a cada 6 horas, num total de 12 aplicações, em câmara com temperatura controlada a 22°C e umidade relativa de 80%. Em cada aplicação o etileno era liberado no ambiente após a sucção do ar por um exaustor. Os frutos permaneceram na câmara em prateleiras de aço inox. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O etileno acelerou a maturação dos frutos da cultivar Rubia R a partir do terceiro dia, sendo que no quarto dia de armazenamento a nota atribuída foi de

2,93, ou seja, a polpa estava com 75% da sua superfície colorida (Tabela 1). Por outro lado, Fox *et al.* (2005), através da aplicação de 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno em câmara mantida a 20°C e 90% de umidade relativa, obtiveram maturação completa dos frutos aos 4,7 dias de armazenamento, em pimentões vermelhos 'Robusta' produzidos no inverno.

Para o pimentão 'Prador R', a aplicação de etileno promoveu maior superfície colorida dos frutos apenas no primeiro dia de avaliação, sendo que ao final do armazenamento os frutos não expostos ao gás apresentaram coloração semelhante àqueles submetidos ao etileno (Tabela 1). Para as cultivares Triple 4 (frutos vermelhos) e Kelvin (frutos amarelos), a aplicação de 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno em fluxo contínuo, também não acelerou o processo de maturação dos frutos, colhidos com 10 a 30% de sua coloração (Molinari *et al.*, 1999). Entretanto, a maturação completa dos frutos 'Triple 4' ocorreu aos 4,7 e 5,2 dias após a colheita, quando produzidos no inverno e no verão, respectivamente.

A explicação para o comportamento distinto das cultivares à ação do etileno pode estar na ampla variação de germoplasma usada em programas de melhoramento genético, que selecionam frutos mais ou menos sensíveis a esse hormônio vegetal (Molinari *et al.*, 1999).

O valor do componente cromático a^* foi maior nos frutos 'Rubia R' tratados com o gás, indicando que o etileno induziu a síntese de carotenóides (pigmentos vermelhos), consequentemente a degradação da clorofila, o que resultou em maior intensidade da cor. O va-

Tabela 2. Efeito do etileno nos teores de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), de acidez titulável (%) e de ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), nos valores de pH, na massa fresca dos frutos (g) e nos componentes cromáticos a* e b* de frutos das cultivares Prador R e Rubia R, após quatro dias de armazenamento (effect of ethylene on soluble solids ($^{\circ}$ Brix), titratable acidity (%) and of ascorbic acid ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), on the pH values, fresh mass of fruits (g) and on the chromatic components a* and b* of cultivars Prador R and Rubia R, after four days storage). Piracicaba, USP/ESALQ, 2006.

Atributos químicos	Prador R			Rubia R		
	Etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$)		C.V. %	Etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$)		C.V. %
	0	120		0	120	
Sólidos solúveis	6,48 a	6,56 a	5,02	6,50 b	7,20 a	3,85
Acidez titulável	0,19 a	0,18 a	7,65	0,18 a	0,18 a	5,82
Ácido ascórbico	83,68 a	86,56 a	8,51	43,22 a	32,67 a	16,1
pH	4,66 a	4,80 a	1,45	4,69 a	4,81 a	1,58
Massa dos frutos	222,47 a	210,80 a	17,8	198,98 a	185,45 a	5,88
a*	-	-		19,63 b	24,59 a	8,6
b*	42,21 a	42,37 a	5,4	-	-	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). - Parâmetro não avaliado (means followed by the same letter in the column did not differ from each other; Tukey's test, $p < 0,05$; - these data were not obtained).

lor do componente cromático b* (Tabela 2) não foi alterado com a exposição dos pimentões 'Prador R' ao gás, evidenciando que essa cultivar é menos sensível à ação do etileno.

O teor de ácido ascórbico não sofreu alteração com o uso do etileno, para ambas as cultivares (Tabela 2). Em trabalho realizado por Fox *et al.* (2005), os pimentões vermelhos 'Robusta', colhidos com menos de 10%, com 10 a 30% e com 30 a 60% de sua coloração também não apresentaram mudanças nos teores de ácido ascórbico, sob efeito do etileno.

O teor de sólidos solúveis, a acidez titulável e o pH dos frutos 'Prador R' também não mudaram com a aplicação de etileno. Resultados semelhantes foram obtidos por Fox *et al.* (2005), onde a exposição de frutos de pimentão a $100 \mu\text{L L}^{-1}$ do gás não teve efeito apreciável sobre o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH. Para os pimentões 'Rubia R', o teor de sólidos solúveis aumentou com a exposição dos frutos ao etileno, que foi responsável pelo acréscimo de 11% no valor dessa variável (Tabela 2).

Os frutos de ambas as cultivares não sofreram perdas de massa fresca com a aplicação de etileno (Tabela 2), o que é desejável, pois, para a comercialização, não são aceitáveis frutos com mais de 15% de perda de massa fresca (Bussel & Kenigsberger, 1975). Os mesmos re-

sultados foram encontrados por Barros *et al.* (1994), onde o etileno não afetou a qualidade do fruto quanto à massa fresca.

Na caracterização dos lotes, os teores de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), acidez titulável (%), ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e os valores de pH foram: 6,43 e 4,72; 0,17 e 0,15; 62,53 e 63,90; 4,70 e 4,83, respectivamente, para as cultivares Prador R e Rubia R. Comparando esses valores iniciais com os obtidos após os tratamentos (Tabela 2), observa-se que os teores de acidez titulável e os valores de pH praticamente não mudaram, para ambas as cultivares. O teor de sólidos solúveis aumentou após o armazenamento para os pimentões vermelhos Rubia R e não sofreu alteração para a cultivar Prador R ($P < 0,05$). Em pimentões cultivar Triple 4 (vermelhos), o mesmo fato aconteceu, ou seja, o teor de sólidos solúveis aumentou ao final do armazenamento (Molinari *et al.*, 1999).

O teor de ácido ascórbico em pimentões 'Rubia R' após a colheita foi de $63,91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Esse valor diminuiu no final do armazenamento, passando para 43,22 e $32,67 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, nos frutos não tratados e tratados com etileno, respectivamente. Para a cultivar Prador R aconteceu o contrário, ou seja, o teor inicial foi menor ($62,53 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e aumentou após o armazenamento, nos frutos não tratados ($83,68 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e tratados ($86,56 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) com o

etileno ($P < 0,05$), concordando com os resultados obtidos por Howard *et al.* (1994) e Howard *et al.* (2000).

O conteúdo de ácido ascórbico em pimentão pode aumentar, diminuir ou permanecer constante, dependendo da cultivar e do grau de maturação do fruto. Em pimentões amarelos cultivar Ivory, o conteúdo dessa variável aumentou de 89 para $110 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de massa fresca, enquanto que para as cultivares Canary, Golden Bell e Orobelle houve redução no teor de ácido ascórbico (Simonne *et al.*, 1997). Cabe ressaltar que o aumento no conteúdo dessa vitamina C é desejável, pois ela é considerada um agente antioxidante importante na alimentação humana (Osuna-García *et al.*, 1998).

Quanto à massa fresca dos frutos, os valores médios obtidos após a colheita foram de 242,19 g e 213,26 g, para os pimentões 'Prador R' e 'Rubia R', respectivamente. As perdas de massa fresca não foram significativas e não ultrapassaram 13%, após quatro dias de armazenamento dos frutos, de ambas as cultivares, submetidos ou não ao etileno. Esse resultado foi positivo, uma vez que a firmeza do fruto é uma das características qualitativas mais importantes para o consumidor.

Em função dos resultados obtidos, é possível afirmar que o etileno apresenta potencial de uso como promotor da maturação dos pimentões mais sensíveis à sua ação. Entretanto, outros experimentos devem ser realizados, avaliando doses e formas de aplicação do gás (fluxo contínuo e não contínuo) em frutos com diferentes estádios de maturação, com o objetivo de promover a completa coloração dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- BARROS JCSM; GOES A; MINAMI K. 1994. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Agrícola* 51: 363-368.
- BLOCK G; LANGSETH L. 1994. Antioxidant vitamins and disease prevention. *Food Technology* 48: 80-84.
- BUSSEL J; KENIGSBERGER Z. 1975. Packaging green bell peppers in selected permeability films. *Journal of Food Science* 40: 1300-1303.
- CARVALHO CRL; MANTOVANI DMB; CARVALHO PRN; MORAES RMM. 1990. *Análises químicas de alimentos*. Campinas: ITAL. 121p.

- CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA. 785p.
- FOX AJ; POZO-INSFRAN DD; LEE JH; STEVENAS; TALCOTT TS. 2005. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure. *HortScience* 40: 732-736.
- FRANK CA; NELSON RG; SIMONNE EH; BEHE BK; SIMONNE AH. 2001. Consumer preferences for color, price, and vitamin C content of bell peppers. *HortScience* 36: 795-800.
- HOWARD LR; SMITH RT; WAGNER AB; VILLALON B; BURNS EE. 1994. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed jalapenos. *Journal Food Science* 59: 362-365.
- HOWARD LR; TALCOTT ST; BRENES CH; VILLALON B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal Agricultural Food Chemistry* 48: 1713-1720.
- HOYER L. 1996. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* 'Janne' is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. *Journal of Horticultural Science* 1: 621-628.
- LOCASCIO SJ; SMITH TS. 1977. Color enhancement of bell pepper with ethephon. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 90: 421-423.
- MOLINARI AF; CASTRO LR; ANTONIALI S; PORNHALOEMPONG P; FOX AJ; SARGENT SA. 1999. The potential for bell pepper harvest prior to full color development. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 112: 143-146.
- OSUNA-GARCÍA JA; WALL MM; WADDELL CA. 1998. Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of New Mexican-Type Chile (*Capsicum annuum* L.). *Journal Agricultural and Food Chemistry* 46: 5093-5096.
- SALTVEIT JUNIOR ME. 1977. Carbon dioxide, ethylene, and color development in ripening mature green bell peppers. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102: 523-525.
- SIMONNE AH; SIMONNE EH; EILENMILLER RR; MILLS HA; GREEN NR. 1997. Ascorbic acid and provitamin a contents in unusually colored bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 10: 299-311.
- WILLS R; McGLASSON B; GRAHAM D; JOYCE D. 1998. *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Zaragoza: Acribia. 240p.
-