

Amadurecimento do caqui 'Quioto' tratado com 1-Metilciclopropeno e armazenado à temperatura de $20 \pm 4^\circ\text{C}$

Julius Blum¹Ricardo Antonio Ayub²

RESUMO

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) inibe a ação do etileno no fruto, retardando o amadurecimento e prolongando sua vida pós-colheita. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a conservação pós-colheita do caqui 'Quioto' com o uso do 1-MCP à temperatura de $20 \pm 4^\circ\text{C}$. Foram avaliadas firmeza, coloração da casca, sólidos solúveis (SS), acidez, pH e teor de pectina dos frutos. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3 (0, 0,5 e 1,0 mg L⁻¹ de 1-MCP) x 5 (4, 8, 12, 16 e 20 dias após a aplicação), com quatro repetições. As médias dos tratamentos com 1-MCP foram comparadas pelo teste de Tukey e o efeito do tempo foi avaliado por análises de regressão polinomial $p < 0,05$. Não houve interação dos fatores para a coloração da casca, firmeza, pH, pectina e SS do fruto. O tratamento com 1-MCP, independentemente da concentração utilizada, retardou a evolução da cor, mantendo os frutos esverdeados por maior tempo. Com o passar do tempo, a coloração evoluiu linearmente, passando do colorido, tendendo para o alaranjado. Os frutos do tratamento controle perderam a firmeza com maior intensidade que os tratados com 1-MCP. A ação do tempo foi linear para a perda de firmeza dos frutos. Não houve efeito do 1-MCP no teor de SS e ocorreu aumento dos SS até o décimo oitavo dia de armazenamento. O teor de pectina do fruto não variou entre os tratamentos. O pH aumentou nos frutos tratados; entretanto, a maior dose de 1-MCP não diferiu da testemunha. Não ocorreram variações do pH com o tempo, mantendo o índice em torno de 5,9.

Palavras chave: Pós-colheita, *Diospyros kaki*, 1-MCP.

ABSTRACT

Control of 'Quioto' persimmons ripening treated with 1-methylcyclopropene and stored at $20 \pm 4^\circ\text{C}$

This study was carried out with the objective to evaluate the post-harvest conservation of persimmon fruits cv. Quioto with the use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) at $20 \pm 4^\circ\text{C}$. The experimental design was completely randomized in factorial scheme 3 (0, 0.5 and 1.0 mg L⁻¹ of 1-MCP) x 5 (4, 8, 12, 16 and 20 days after the application) with four replications. There were evaluated firmness, color of skin, soluble solids, acidity, pH and content of fruit pectin. The averages of the treatments with 1-MCP were compared by the test of Tukey and the effect of the time was evaluated by analyses of polynomial regression ($p < 0.05$). There were not interaction of the factors for the coloration of the peel, firmness, pH, pectin and SS of the fruit. The treatment with 1-MCP, independent of the concentrations delayed the

Recebido para publicação em outubro de 2007 e aprovado em janeiro de 2009

¹ Eng. Agro., estudante de Mestrado em Agronomia, Bolsista da CAPES, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, 84030-900, Ponta Grossa, PR. E-mail: juliusblum@yahoo.com.br

² Eng. Agron. Prof. Dr. do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, UEPG, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Av. Carlos Cavalcante, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, PR. E-mail: rayub@uepg.br

evolution of the color, keeping the color green for longer. The coloration evolved linearly with the time, from colored to orange. The fruits of the treatment control lost their firmness with more intensity. The fruits firmness losses were linear with the time. The 1-MCP treatments not affect the SS and an increase occurred of SS until eighteenth day of storage. The concentration of pectin did not vary within treatments. The pH of 1-MCP treated fruits increased and was statistically significant for the lower dosage in relation to the control, but not for the higher dosage. Variations of pH with the time had not occurred, keeping the index around 5.9.

Key words: post-harvest, *Diospyros kaki*, 1-MCP

INTRODUÇÃO

O controle do amadurecimento é o ponto chave na conservação de frutos, visando sua posterior comercialização. Entretanto, a qualidade dos frutos depende do estado adequado de maturação, que no caso de frutos climatéricos está associada ao aumento da produção de etileno.

O caqui tem curto período de conservação em câmara fria, pois sofre amolecimento e injúrias por frio após 15 a 30 dias sob refrigeração (Fagundes *et al.*, 2006). Essa perecibilidade deve-se à alta sensibilidade do caqui ao etileno exógeno, apesar de produzi-lo em baixas concentrações (Girardi *et al.*, 2003). Os frutos em geral respondem à concentração de $0,1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ na atmosfera de armazenagem, reduzindo assim sua conservação (Sisler & Serek, 1997). Este hormônio se liga às moléculas receptoras, ativando o amadurecimento (Golding *et al.*, 1998).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um produto que atua inibindo temporariamente a ação do etileno, pela sua interação com o sítio receptor do etileno (Sisler & Serek, 1997), prevenindo a formação de complexos ativos relacionados à sua ação (Watkins, 2002; Binder & Bleecker, 2003) e o amadurecimento do fruto (Pinheiro *et al.*, 2007). Esse gás pode ser utilizado no manejo pós-colheita de frutos climatéricos (Argenta *et al.*, 2001), com relatos na literatura do seu uso com sucesso no armazenamento de: kiwi 'Bruno' (Neves *et al.*, 2003), banana 'Maçã' (Pinheiro *et al.*, 2007), maçã 'Royal Gala' (Corrent *et al.*, 2004), caquis 'Fuyu' (Girardi *et al.*, 2003; Krammes *et al.*, 2006) e 'Quioto' em armazenagem refrigerada em atmosfera controlada (Brackmann *et al.*, 2003) e sapoti (Morais *et al.*, 2006). Entretanto, as respostas à aplicação são variáveis, devendo serem testadas e aferidas as condições para cada espécie, cultivar, região e sistema de manejo de colheita e armazenagem (Watkins *et al.*, 2000).

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a conservação pós-colheita do caqui 'Quioto' submetido ao 1-MCP e armazenado à temperatura de $20 \pm 4^\circ\text{C}$.

MATERIAL E MÉTODOS

Caquis 'Quioto' colhidos no dia 16 de maio de 2007 em pomar comercial foram imediatamente levados ao laboratório para a aplicação dos tratamentos com 1-MCP no mesmo dia.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em caixas herméticas com volume interno de 30 L com duas mangueiras de borracha de 10 mm de diâmetro, localizadas em extremidades opostas da caixa. As mangueiras foram conectadas em série com um frasco de vidro de 0,3 L, com tampa de borracha contendo o produto comercial SmartfreshSM e uma bomba de vácuo. O produto foi dissolvido com a adição de água por meio de seringa e agulha. A bomba de vácuo permaneceu ligada por 30 minutos, fazendo a circulação do gás produzido pelo interior da caixa. Os tratamentos consistiram da exposição dos caquis às concentrações de 0, 0,5 e 1,0 mg L^{-1} de 1-MCP por 12 horas no ambiente hermético e, posteriormente, armazenados à temperatura de $20 \pm 4^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) de $80 \pm 10\%$.

Os parâmetros avaliados foram firmeza de polpa, determinada com penetrômetro manual com ponteira de penetração de 8 mm de diâmetro em dois pontos descascados da zona equatorial de quatro frutos por unidade experimental, com estabilização do fruto em bancada rígida; coloração da casca, atribuindo-se notas visuais: 1- colorido, 2- amarelo, 3- amarelo/alaranjado e 4- vermelho (tabela Hortibrasil, 2007) à 10 frutos por unidade experimental. O suco foi extraído de caquis com casca e sem sementes, através de trituração e centrifugação com malha de 0,5 mm de diâmetro de uma amostra composta por quatro frutos por unidade experimental. Os sólidos solúveis (SS) foram determinados por refratometria do suco puro em refratômetro manual e os resultados, expressos em °brix; a acidez foi obtida pela titulação de uma alíquota de 25 mL do suco diluídos em 25 mL de água deionizada com NaOH $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ e o resultado expresso em % de ácido málico; o pH foi determinado por potenciometria no suco puro; o teor de pectina da fruta foi extraído com EDTA 0,5% em

uma alíquota livre de açúcares e determinado por colorimetria após hidrólise pela adição de ácido sulfúrico e adição de carbazol 0,15%, expressando o resultado em porcentagem de ácido galacturônico (McCready & McComb, 1952).

O delineamento experimental foi o fatorial com três concentrações de 1-MCP em cinco tempos de avaliações (4, 8, 12, 16 e 20 dias após a aplicação), com quatro repetições. As médias dos tratamentos com 1-MCP foram comparadas pelo teste de Tukey e o efeito do tempo foi avaliado por análises de regressão polinomial ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação dos fatores para a coloração da casca, firmeza, pH, pectina e SS do fruto. Desse modo, os efeitos do tempo na conservação pós-colheita do caqui 'Quioto' submetido ao 1-MCP serão discutidos separadamente.

A coloração dos frutos é um importante indicativo do amadurecimento e o tratamento com 1-MCP, independentemente da concentração utilizada, retardou a evolução da cor, mantendo os frutos esverdeados por maior tempo (Tabela 1). O efeito do produto na coloração do fruto de caqui pode estar relacionado à produção de etileno e consequente redução da respiração e de amadurecimento, pois em estudos com maçã, outro fruto climatérico, Argenta *et al.* (2001) verificaram menor produção de etileno e menor respiração nos frutos tratados com $42 \mu\text{mol L}^{-1}$ 1-MCP armazenados a 20°C . No entanto, nos resultados obtidos por Girardi *et al.* (2003) com caquis 'Fuyu' armazenados por 60 dias a 0°C , verificou-se maior evolução da cor vermelha em frutos tratados com 312 a 1250 nL L^{-1} de 1-MCP. Portanto, o efeito do 1-MCP pode ter influência das condições de armazenamento ou da variedade de caqui.

Com o passar do tempo e amadurecimento dos frutos, a coloração do caqui 'Quioto' evoluiu linearmente, passando do colorido e tendendo a alaranjado (Figura 1).

Os frutos do tratamento controle perderam a firmeza com maior intensidade que os tratados com 1-MCP (Tabela 1), de modo semelhante ao observado em caquis 'Quioto' armazenados sob atmosfera controlada a $-0,5^\circ\text{C}$ (Brackmann *et al.*, 2003) e 'Fuyu' armazenado a 0°C (Girardi *et al.*, 2003), ambos tratados com 1-MCP. Os resultados obtidos podem ser explicados pela prevenção da forma-

ção de complexos ativos relacionados à ação do etileno devido à ação do 1-MCP (Watkins, 2002; Binder & Bleecker, 2003), reduzindo a atividade de enzimas responsáveis pela degradação de pectinas da parede celular (King & O'Donoghue, 1995).

Os frutos sofreram perda de firmeza linear com o tempo (Figura 2). Aos 20 dias após a colheita, os frutos armazenados em temperatura ambiente continuavam com firmeza e aparência aceitáveis para a comercialização, revelando grande resistência do caqui 'Quioto' nas condições deste experimento.

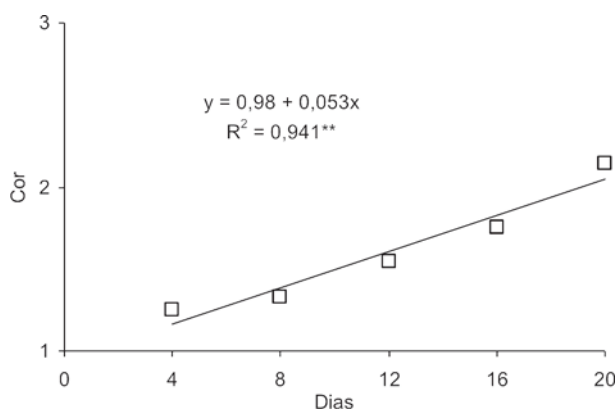


Figura 1. Evolução da cor da casca do fruto de caqui 'Quioto' com o tempo de armazenagem à temperatura ambiente. 1-colorido, 2-amarelo, 3-amarelo/alaranjado e 4-vermelho. Cada ponto é a média dos tratamentos 0, 0,5 e $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de 1-MCP.

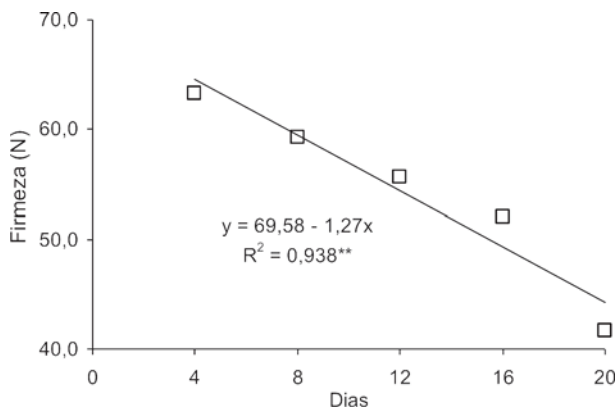


Figura 2. Evolução da firmeza do caqui 'Quioto' com o tempo de armazenagem à temperatura ambiente. Cada ponto é a média dos tratamentos 0, 0,5 e $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de 1-MCP.

Tabela 1. Valores médios da coloração da casca, firmeza, pH, teor de pectina e sólidos solúveis (SS) de caqui 'Quioto' tratado com 1-MCP. Ponta Grossa, PR, 2007. Cada valor é a média de cinco tempos de avaliação.

1-MCP mg L^{-1}	Coloração da casca	Firmeza (N)	pH	Pectina (%)	SS ($^\circ$ Brix)
0	1,83 a	47,61 b	5,81 b	0,34	16,3
0,5	1,57 b	55,03 a	5,92 a	0,33	16,2
1,0	1,47 b	57,84 a	5,85 ab	0,34	16,0
Cv (%)	18,02**	16,41**	1,81**	20,00 ^{ns}	4,14 ^{ns}

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Semelhantemente aos resultados obtidos por Brackmann *et al.* (2003) e Girardi *et al.* (2003), não houve variações para o teor de SS com a aplicação dos tratamentos de 1-MCP. Esse fato poderia ser relacionado à inibição da ação do etileno, o qual não afetaria a taxa da degradação do amido, responsável pelo aumento dos SS (Blankenship & Sisler, 1989). Já o tempo de armazenamento determinou aumento dos SS até o 18º dia de armazenamento (Figura 3).

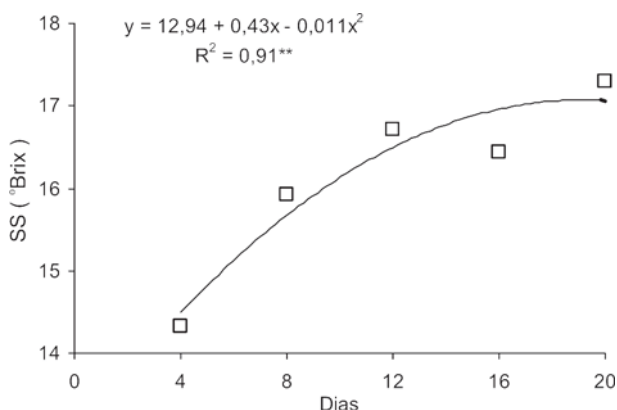


Figura 3. Evolução dos sólidos solúveis do fruto de caqui 'Quioto' com o tempo de armazenagem à temperatura ambiente. Cada ponto é a média dos tratamentos com 1-MCP.

O teor de pectina do fruto não variou entre os tratamentos (Tabela 1). O pH aumentou no fruto tratado com 0,5 mg L⁻¹. Entretanto, a maior dose de 1-MCP não diferiu da testemunha (Tabela 1). A exemplo do que ocorreu no estudo realizado por Girardi *et al.* (2003) com caqui 'Fuyu', não houve variações do pH com o tempo de armazenagem, mantendo o índice em torno de 5,9.

Ocorreu interação entre os fatores tempo e 1-MCP para a acidez titulável do suco. Todos os tratamentos com 1-MCP responderam de forma quadrática ao tempo, com aumento da acidez até aproximadamente 16 dias e posterior redução. No entanto, essa resposta foi menos acentuada nos tratamentos com 1-MCP (Figura 4). O aumento da

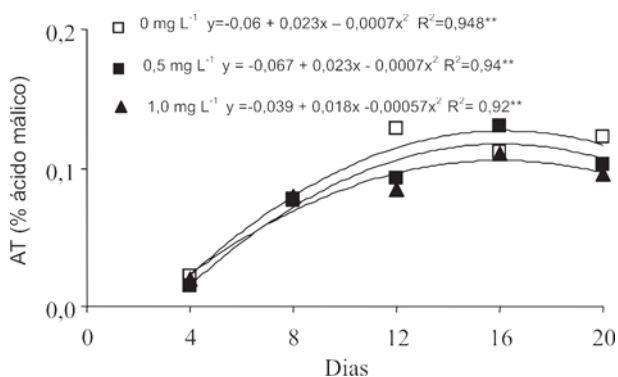


Figura 4. Evolução da acidez titulável do fruto de caqui 'Quioto' com o tempo de armazenagem à temperatura ambiente. Cada ponto é a média dos tratamentos com 1-MCP.

acidez titulável nos primeiros dias de armazenamento deve estar associado a um acúmulo inicial de ácidos orgânicos devido à degradação de componentes celulares (Moura, 1995) e ao posterior aumento de consumo dessas moléculas ácidas durante o processo de respiração (Chitarra & Chitarra, 1990).

CONCLUSÕES

O 1-MCP foi eficiente em manter a firmeza e o desenvolvimento da coloração da casca do fruto, evidenciando sua eficiência em retardar o amadurecimento de caquis. A concentração de 0,5 mg L⁻¹ de 1-MCP foi a mais eficaz.

REFERÊNCIAS

- Argenta LC, Mattheis J & Fan X (2001) Retardamento da maturação de maçãs 'Fuji' pelo tratamento com 1-MCP e manejo da temperatura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23:270-273.
- Binder BM & Bleecker AB (2003) A model for ethylene receptor function and 1-methylcyclopropene action. *Acta Horticulturae*, 628:177-187.
- Blankenship SM & Sisler EC (1989) Ethylene binding changes in apple and morning glory during ripening and senescence. *Journal of Plant Growth Regulation*, 8:37-44.
- Brackmann A, Freitas ST de, Mello AM de & Steffens CA (2003) Aplicação de 1-MCP em caqui 'Quioto' armazenado sob refrigeração e atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25:42-44.
- Chitarra MIF & Chitarra AB (1990) Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. ESAL/FAEPE, Lavras. 293p.
- Corrent AR, Parussolo A, Girardi CL & Rombaldi CV (2004) Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' em ar refrigerado e atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26:217-221.
- Fagundes AF, Dabul ANG & Ayub RA (2006) Aminoethoxivinilglicina no controle do amadurecimento de frutos de caqui cv. Fuyu. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28:73-75.
- Girardi CL, Parussolo A, Danieli R, Corrent AR & Rombaldi CV (2003) Conservação de caqui (*Diospyros kaki*, L.), cv. Fuyu, pela aplicação de 1-metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25:54-56.
- Golding JB, Shearer D, Wyllie SG & Mcglasson WB (1998) Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. *Post Harvest Biology and Technology*, 14:87-98.
- Hortibrasil. Disponível em: <www.hortibrasil.org.br/classificação/caqui/arquivos/subgrupos.htm>. Acessado em: 03 maio 2007.
- King GA & O'Donoghue EM (1995) Unravelling senescence: New opportunities for delaying the inevitable in harvested fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 6:385-389.
- Krammes JG, Argenta LC & Vieira MJ (2006) Influences of 1-methylcyclopropene on quality of persimmon fruit cv. Fuyu after cold storage. *Acta Horticulturae*, 727:513-518.
- McCready RM & McComb EA (1952) Extraction and determination of total pectic materials in fruits. *Analytical Chemistry*, 24:1586-1588.

- Morais PLD de, Lima LC de O, Alves RE, Alves JD & Alves A de P (2006) Amadurecimento de sapoti (*Manilkara zapota* L.) submetido ao 1-metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28:369-373.
- Moura MA (1995) Efeito da embalagem e do armazenamento no amadurecimento do caqui (*Diospyros kaki* L.) cultivar Taubaté. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 84p.
- Neves LC, Corrent A, Marini L, Lucchetta L, Zanuzo MR, Gonçalves ED, Zanatta J, Cantillano FR & Rombaldi CV (2003) Atmosfera modificada e 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de Kiwis cv. Bruno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25:390-393.
- Pinheiro ACM, Vilas Boas EV de B, Alves A de P & La Selva M (2007) Amadurecimento de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29:1-4.
- Sisler EC & Serek M (1997) Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent Developments *Plant Physiology*, 100:577-582.
- Watkins CB (2002) Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: Knee M (Ed.) *Fruit quality and its biological basis*. CIDADE, Sheffield Academic Press. p.180-224.
- Watkins CB, Nock FJ & Whitaker DB (2000) Response of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 19:17-32.