

CONSERVAÇÃO DE CAQUI (*Diospyros kaki*, L.), cv. FUYU, PELA APLICAÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO¹

CÉSAR LUÍS GIRARDI², AGUINALDO PARUSSOLO³, ROQUE DANIELI⁴, ADRIANA REGINA CORRENT⁵, CESAR VALMOR ROMBALDI⁶

RESUMO - O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na conservação pós-colheita do caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Fuyu. Foram utilizadas frutas provenientes de um pomar comercial de Farroupilha-RS. Os caquis foram colhidos quando apresentavam coloração amarelo-alaranjada. Foram aplicadas três concentrações de 1-MCP (312, 625 e 1250 nL.L⁻¹) durante 24 horas à temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$). Após a aplicação dos tratamentos, as frutas foram armazenadas em câmara fria sob ar refrigerado a 0°C e aproximadamente 90% de umidade relativa, por um período de até 90 dias. As avaliações da qualidade foram realizadas na instalação do experimento, aos 30; 60 e 90 dias de armazenagem refrigerada, sendo as análises efetuadas 3 dias após a retirada da frigoconservação, para simular um período de comercialização. Ao final do período, observou-se que as variáveis pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável não foram influenciadas pela aplicação de 1-MCP. A produção de etileno não alcançou níveis detectáveis nas condições do experimento. Nas frutas tratadas com 1-MCP houve maior desenvolvimento de cor vermelha. A firmeza de polpa apresentou valores significativamente maiores nos caquis tratados com 1-MCP em relação às frutas do tratamento-testemunha. Não houve diferença significativa entre as concentrações de 1-MCP.

Termos para indexação: etileno, armazenamento, pós-colheita.

CONSERVATION OF PERSIMMONS FRUITS (*Diospyros kaki*, L.), cv. FUYU WITH APPLICATION OF 1-METHYLCYCLOPROPENE

ABSTRACT - The present work evaluated the effects of the 1-MCP (1-methylcyclopropene) on persimmons fruits (*Diospyros kaki* L.) of cv. Fuyu stored at 0°C for up to 90 days. Fruits were picked from a commercial orchard in Farroupilha-RS, when skin color was yellow-orange. Three concentrations of 1-MCP (312, 625 and 1250 nL.L⁻¹) were applied for 24 hours in an ambient temperature ($\pm 25^{\circ}\text{C}$). Control fruit were kept under identical conditions without 1-MCP treatment. Immediately after treatment application, the fruits were transferred to a cold storage at 0°C and approximately 90% of relative humidity. Persimmons were analysed on the day of harvest, after 30, 60 and 90 days of refrigerated storage plus 3 more days at ambient temperature to simulate the commercialization period. Total soluble solids, pH and titratable acidity were not influenced by 1-MCP treatments. Ethylene production rates did not reach detectable levels. Skin color showed a higher development of red color in fruits treated with 1-MCP. Flesh firmness was significantly higher in treated fruits in comparison to control fruits, indicating a positive effect of 1-MCP in the postharvest life of persimmons fruits. There was no significant difference among the different concentrations of 1-MCP.

Index terms: ethylene, storage, postharvest.

INTRODUÇÃO

A expansão da cultura do caquizeiro no Brasil ocorreu a partir de 1980, sendo o país, atualmente, o segundo produtor mundial. Essa expansão tem-se dado principalmente pela boa adaptação edafoclimática, rusticidade e produtividade do caquizeiro. Além disso, associa-se o fato de que esta espécie requer poucos tratamentos fitossanitários.

No entanto, os caquis são perecíveis, tendo um potencial de conservação pós-colheita relativamente curto (15 a 30 dias) em câmaras frias sob refrigeração, que constituem o sistema de estocagem de frutas predominante na Região Sul do Brasil. Essa perecibilidade deve-se, em grande parte, à alta sensibilidade dos caquis ao etileno exógeno, apesar de o produzirem em quantidades muito pequenas.

O etileno é o hormônio desencadeador dos processos de maturação e senescência de frutas climatéricas, onde se enquadram os caquis. A inibição da síntese de etileno e/ou de sua ação bloqueia esses processos. Com o objetivo de alcançar a inibição da ação do etileno em pós-colheita de frutas, tem-se testado o efeito da aplicação de ciclopropenos sintéticos como o 1-metilciclopropeno (1-MCP) nessas frutas. O 1-MCP liga-se ao receptor do etileno, prevenindo a ação fisiológica do mesmo sobre as frutas (Sisler & Serek, 1997), estendendo sua conservação. Aplicações de 1-MCP inibiram o efeito do etileno em laranjas (Porat et al., 1999) e flores (Sisler & Serek, 1997) e atrasou a ocorrência do pico climatérico em ameixas (Abdi et al., 1998) e bananas (Golding et al., 1998). O 1-MCP estendeu a vida de prateleira de brócolis (Ku & Wills,

1999), tomate (Sisler et al., 1996), banana (Sisler & Serek, 1997) e retardou a perda da cor verde em laranjas (Porat et al., 1999) e bananas (Golding et al., 1998).

Em maçãs mantidas em ar refrigerado e em atmosfera controlada, o 1-MCP diminuiu a respiração e produção de etileno, aumentou o tempo de conservação, manteve maiores valores de firmeza de polpa, diminuindo o efeito da escaldadura superficial, sendo que o efeito variou entre as cultivares (Fan et al., 1999; Watkins et al., 2000).

A ação do 1-MCP varia conforme a concentração, tempo e época de aplicação (Abdi et al., 1998; Jiang et al., 1999; Porat et al., 1999) e tipo de órgão a ser tratado (Sisler & Serek, 1997). O 1-MCP, atualmente, está disponível em forma de pó estável (AgroflechTM)*, com 0,43% de ingrediente ativo em peso).

Dentro deste contexto, estudou-se o efeito do 1-MCP no armazenamento refrigerado de caqui.

MATERIALE MÉTODOS

Caquis da cultivar Fuyu foram colhidos no mês de abril de 2000, em um pomar comercial no município de Farroupilha-RS. No momento da colheita, as frutas apresentavam uma coloração amarelo-alaranjada, sendo este o ponto de colheita usualmente praticado na região.

Imediatamente após a colheita, as frutas foram selecionadas e padronizadas quanto ao estágio de maturação e acondicionadas em câ-

¹ (Trabalho 088/2002). Recebido: 14/06/2002; Aceito para publicação: 13/02/2003

² Eng. Agr., Msc., Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento, 515, Caixa Postal 130, Cep 95700-000, Bento Gonçalves, RS. girardi@cnpuv.embrapa.br

³ Químico Industrial, Professor EAFPJK, Rua Osvaldo Aranha, 540, Cep 95720-000, Bento Gonçalves, RS. aguipar@ig.com.br

⁴ Eng. Agr., Msc., Professor da EAFPJK, Rua Osvaldo Aranha, 540, Cep 95720-000, Bento Gonçalves, RS. roquedanieli@zipmail.com.br

⁵ Eng. Agr. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, UFPel, Pelotas, RS. acorrent@hotmail.com

⁶ Eng. Agr. PhD. Professor da UFPel, Pelotas, RS. cesarvrf@ufpel.tche.br

*O 1-MCP ainda não está registrado para uso em frutas no Brasil.

maras de 300L, para aplicação do 1-MCP. Pesaram-se quantidades de Agroflech™ em pó suficientes para proporcionar concentrações finais de 1-MCP de 312; 625 e 1250 nL.L⁻¹. Essas quantidades de pó foram colocadas em frascos de vidro fechados hermeticamente, onde foram dissolvidas com solução aquosa de dodecil sulfato de sódio (SDS) a 1000µL.L⁻¹ a 50°C, utilizando-se de 10mL de solução para cada frasco. Após a dissolução, os frascos foram abertos dentro das câmaras, para que o 1-MCP atingisse sua forma gasosa. As câmaras foram fechadas imediatamente, permanecendo fechadas durante 24 horas, numa temperatura de 25°C. As frutas-controle foram mantidas nas mesmas condições por 24 horas, sem tratamento com 1-MCP.

Ao final de 24 horas de tratamento com 1-MCP nas câmaras, os caquis foram transferidos para câmara de refrigeração à temperatura de 0°C e umidade relativa de 90 a 92%.

Para o acompanhamento da maturação e qualidade dos caquis, foram retiradas amostras na instalação do experimento, aos 30; 60 e 90 dias de armazenagem, realizando-se as análises três dias após a retirada das frutas da frigoconservação, período no qual as frutas foram mantidas em temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$), para simular um período de comercialização.

Foram realizadas análises de firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), pH, produção de etileno e cor da epiderme. Essas análises foram realizadas nos laboratórios da Embrapa Uva e Vinho, de acordo com a seguinte metodologia: a) Sólidos Solúveis Totais (SST): determinados com auxílio de refratômetro manual (os resultados foram expressos em °Brix); b) Firmeza da Polpa (FP): foi determinada com auxílio de penetrômetro manual, munido de ponteira de 8 mm, expressando-se os resultados em Newtons (N). Em cada fruta foram realizadas 2 leituras, em lados diametralmente opostos, na seção equatorial da fruta e após remoção da epiderme; c) Acidez Total Titulável (ATT): foi determinada por titulometria de neutralização com NaOH 0,1N até pH 8,1, utilizando-se de 10 mL de suco de amostras compostas de 20 frutas, sendo os resultados expressos em % de ácido málico; d) Cor da epiderme: a cor da epiderme foi medida com colorímetro Minolta CM-508d. Os valores de *L* indicam a claridade e variam de 100 (branco) a 0 (preto); as coordenadas *a* e *b* indicam a direção da cor: -*a* é a direção do verde e +*a* é a direção do vermelho; -*b* é a direção do azul e +*b* é a direção do amarelo. Os valores de *C* indicam a saturação/intensidade da cor e *h* é o ângulo. O ângulo *h* é definido como iniciando no eixo +*a* e é expresso em graus, sendo que 0° corresponde a +*a* (vermelha), 90° corresponde a +*b* (amarelo), 180° corresponde a -*a* (verde) e 270° corresponde a -*b* (azul). No presente trabalho, foram apresentados apenas os valores *h*, que relacionam os valores de *a* e *b* ($h = \text{tg}^{-1}b/a$), e é a variável que melhor representa a evolução da cor da epiderme de caquis, a qual se desloca da verde, passa pela amarela e vai em direção à vermelha, durante o processo de amadurecimento; e) pH: medido diretamente no suco das frutas, com potenciômetro digital, e f) Produção de etileno: a produção de etileno foi determinada por cromatografia em fase gasosa, utilizando-se de um cromatógrafo a gás, marca Varian®, modelo 3300, equipado com uma coluna de aço inox 1/8", preparado com Porapak® N, e um detector de ionização de chama. Amostras compostas de aproximadamente 1kg de caquis foram colocadas em frascos hermeticamente fechados. Após 1 hora, retirou-se, com seringa, 1mL da atmosfera desse frasco, a qual foi injetada no cromatógrafo. Os resultados da produção de etileno foram expressos em nL.g⁻¹.h⁻¹.

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, seguindo um esquema fatorial 4x4 (4 dosagens de 1-MCP: 0; 312; 625 e 1250 nL.L⁻¹ x 4 períodos de armazenagem 0; 30; 60 e 90 dias) com 3 repetições, sendo a unidade experimental composta por 20 frutas.

Para comparação de médias, foi utilizado o Teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH

não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) ao longo do período de armazenamento entre os quatro tratamentos (Tabela 1), indicando que essas variáveis não foram afetadas pela aplicação do 1-MCP.

Durante todo o período de armazenamento, tanto para o controle quanto para as frutas tratadas com 1-MCP, não houve produção de etileno em quantidades detectáveis.

TABELA 1- Qualidade de caquis cv. Fuyu tratados com 1-MCP e armazenados a 0°C por 90 dias, seguido de 3 dias de comercialização simulada a $\pm 25^\circ\text{C}$.

Variáveis	Tratamentos	Dias de armazenamento			
		0	30	60	90
Firmeza de polpa (Newtons)	Controle		25,40b*	42,12a	14,01b
	312 nL.L ⁻¹	46,81	35,96a	23,22b	22,89a
	625 nL.L ⁻¹		36,95a	28,15b	22,27a
	1250 nL.L ⁻¹		38,60a	24,50b	22,56a
pH	Controle		5,22a	5,47a	5,60a
	312 nL.L ⁻¹	5,62	5,38a	5,73a	5,70a
	625 nL.L ⁻¹		5,44a	5,78a	5,75a
	1250 nL.L ⁻¹		5,49a	5,73a	5,81a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	Controle		15,36a	14,77a	14,80a
	312 nL.L ⁻¹	13,57	15,67a	16,30a	16,57a
	625 nL.L ⁻¹		15,97a	15,73a	15,30a
	1250 nL.L ⁻¹		15,70a	15,13a	15,87a
Acidez total titulável % ácido málico	Controle		0,13a	0,10a	0,16a
	312 nL.L ⁻¹	0,08	0,11a	0,08a	0,12a
	625 nL.L ⁻¹		1,90a	0,09a	0,13a
	1250 nL.L ⁻¹		0,12a	0,09a	0,12a
Cor da epiderme (ângulo de cor <i>h</i>)	Controle		48,73a	49,45a	**
	312 nL.L ⁻¹	54,14	43,40b	43,09b	**
	625 nL.L ⁻¹		43,36b	44,13b	**
	1250 nL.L ⁻¹		42,95b	43,20b	**

*Letras diferentes na coluna indicam que houve diferença significativa, no nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey.

**Análises não realizadas.

A cor da epiderme foi analisada somente até os 60 dias de armazenamento. Aos 90 dias, a epiderme das frutas já não oferecia condições para a medição da cor, pois apresentava manchas escuras em quase toda a sua superfície. Analisando-se os dados referentes aos 30 e 60 dias de armazenagem, observa-se que os caquis tratados apresentaram valores de *h* menores do que os caquis do tratamento-testemunha, indicando que a aplicação do 1-MCP proporcionou um maior desenvolvimento da cor vermelha. A análise visual dos tratamentos confirmou esta diferença de cor obtida pelo aparelho. Ao contrário do que se observou, o resultado esperado era que os caquis do tratamento-testemunha apresentassem um maior desenvolvimento da cor laranja-avermelhada, como consequência de um metabolismo mais acelerado, com maior degradação da clorofila e síntese de carotenóides e antocianinas. Não há, até o momento, na literatura, indicação deste fato, que, em princípio, pode contradizer os efeitos esperados do 1-MCP, como de qualquer outro bloqueador da ação do etileno no desenvolvimento da cor da epiderme de frutas. A firmeza de polpa (FP) dos caquis do tratamento-testemunha, aos 30 dias de armazenagem, era significativamente ($P < 0,05$) menor do que a dos caquis tratados com 1-MCP, o que indica que este produto manteve maior integridade dos tecidos em comparação às frutas do controle. Aos 60 dias, no entanto, ocorreu um comportamento inverso, onde as frutas de controle apresentaram valores de FP (42,12N) maiores do que as tratadas. Possivelmente, este comportamento deve-se a um murchamento, e conseqüente enrijecimento dos tecidos, que ocorreu nas frutas de controle, intensificando-se aos 60 dias, quando este murchamento atingiu uma magnitude suficiente para dificultar a perfuração da polpa,

superestimando os valores de firmeza de polpa. Nas frutas tratadas, este murchamento não foi verificado, provavelmente porque seu metabolismo foi reduzido pela ação do 1-MCP, o que pode ter levado a uma menor intensidade respiratória e menor perda de água. Aos 90 dias, os caquis do tratamento-controle voltaram a apresentar FP significativamente ($P < 0,05$) menor do que as tratadas com 1-MCP, provavelmente em decorrência da degradação mais intensa dos tecidos, a qual suplantou os efeitos do murchamento/enrriquecimento e reduziu a resistência da polpa à perfuração. Observa-se também que os tratamentos 312 nL.L⁻¹, 625 nL.L⁻¹ e 1250 nL.L⁻¹ não apresentaram diferença significativa entre si quanto aos valores de FP.

Segundo Mitcham et al. (1998), para que os caquis da cv. Fuyu tenham boa aceitabilidade para o consumo *in natura*, a firmeza de polpa (FP) deve estar entre 20 e 60N. Pela análise dos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que, até os 60 dias, tanto as frutas de controle quanto as frutas tratadas mantiveram a FP dentro desses níveis. Porém, as frutas de controle apresentaram sintomas de murchamento e enrriquecimento dos tecidos, tendo sua qualidade comprometida. Aos 90 dias, a FP das frutas de controle apresentou valores excessivamente baixos (14,01N). Já, as frutas tratadas com 1-MCP mantiveram a FP dentro dos valores aceitáveis para consumo inclusive aos 90 dias de armazenamento (entre 22 e 23N). No entanto, as frutas mantidas na câmara durante 90 dias, tanto as de controle quanto as tratadas, apresentaram problemas como manchas escuras na epiderme, lesões e podridões, não apresentando condições de comercialização e consumo.

O maior desenvolvimento da cor vermelha nas frutas tratadas é outro aspecto positivo da aplicação do 1-MCP, visto que as frutas tratadas adquiriram um aspecto visual mais atrativo em relação às frutas de controle, as quais permaneceram com a cor da epiderme amarelo-alaranjada.

Para otimizar os efeitos benéficos da aplicação de 1-MCP em pós-colheita de caquis, é preciso dar continuidade e intensificar as pesquisas, sempre considerando que a eficácia desse produto depende da relação entre concentração e tempo de aplicação, espécie e cultivar a ser tratada, estágio de maturação no momento do tratamento e do fato de que, apesar de a ligação do 1-MCP com o receptor do etileno ser irreversível, a inibição dos efeitos pode ser suplantada pela síntese de novos receptores.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o experimento, pode-se concluir que:

1) A aplicação de até 1250 nL.L⁻¹ de 1-MCP não influencia os parâmetros SST, pH, Acidez Total Titulável de caquis em armazenamento refrigerado.

2) O 1-MCP na dosagem de 312 nL.L⁻¹ é suficiente para manter a firmeza de polpa de caquis da cv. Fuyu por um período de até 90 dias em armazenamento refrigerado.

3) Aos 90 dias de armazenamento, as frutas de todos os tratamentos não apresentavam condições de consumo e comercialização.

4) O armazenamento de caqui cv. Fuyu por um período superior a 60 dias, nas condições estudadas, não é recomendado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI, N.; McGLASSON, W.B.; HOLFORD, P. WILLIAMS, M.; MIZRAHI, Y. Responses of climateric and suppressed-climateric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.29-39, 1998.
- FAN, X.; BLANKENSHIP, S.M.; MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.6, p.690-695, 1999.
- GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S.G.; McGLASSON, W.B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.87-98, 1998.
- JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.77-82, 1999.
- KU, V.V.V.; WILLS, R.B.H. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, p.127-132, 1999.
- MITCHAM, J.E.; CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. **Recommendations for maintaining postharvest quality**. Davis: Department of Pomology, University of California, 1998. 120p.
- PORAT, R.; WEISS, B.; COHEN, L.; DAUS, A.; GOREN, R.; DROBY, S. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamouti' oranges. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, p.155-163, 1999.
- SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.100, p.577-582, 1997.
- SISLER, E.C.; SEREK, M.; DUPILLE, E. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v.18, p.169-174, 1996.
- WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, D.B. Responses 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**, Amsterdam, n. 19, p. 17-32, 2000.