

# RETARDAMENTO DA MATURAÇÃO DE MAÇÃS 'FUJI' PELO TRATAMENTO COM 1-MCP E MANEJO DA TEMPERATURA<sup>1</sup>

LUIZ CARLOS ARGENTA<sup>2</sup>, JAMES MATTHEIS<sup>3</sup>, XUETONG FAN<sup>4</sup>

**RESUMO** - Maças cv. Fuji foram tratadas com 42  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$  de 1-metilciclopropeno (1-MCP) por 24 h a 20°C, um dia após a colheita, e então armazenadas a 0; 10 ou 20°C por 70 dias. Tratamento com 1-MCP efetivamente retardou a maturação de maçãs 'Fuji'. 1-MCP reduziu a taxa respiratória dos frutos mantidos a 10 e 20°C e inibiu a produção de etileno dos frutos mantidos nas três temperaturas de armazenagem. Frutos tratados com 1-MCP e armazenados a 20°C exibiram taxas respiratórias similares ou inferiores àquelas de frutos-controle armazenados a 10°C. Quando armazenados a 10 ou 20°C, frutos tratados com 1-MCP preservaram mais a firmeza da polpa e a acidez titulável e exibiram menor amarelecimento da epiderme que frutos-controle. Entretanto, não houve benefícios significativos do tratamento 1-MCP sobre a conservação da qualidade dos frutos armazenados a 0°C no período de 70 dias após a colheita. Os resultados indicam que o tratamento com 1-MCP pode ser uma estratégia para o aumento da conservação de maçãs cv. Fuji durante o transporte e a distribuição sob 10 ou 20°C. O prolongamento da armazenagem a 20°C por período superior a 40 dias pode ser limitado pelo murchamento dos frutos e desenvolvimento de podridões.

**Termos de indexação:** *Malus domestica*, pós-colheita, maturação, qualidade.

## DELAYING 'FUJI' APPLE RIPENING BY 1-MCP TREATMENT AND MANAGEMENT OF STORAGE TEMPERATURE<sup>1</sup>

**ABSTRACT** - 'Fuji' apples were treated with 42  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$  of 1-methylcyclopropene (1-MCP) for 24 h at 20°C then stored at 0, 10 or 20 °C for 70 days. MCP treatment reduced respiration on fruit held at 10 and 20 °C and inhibited ethylene production regardless of storage temperature. Treated fruits held at 20°C presented respiration rate similar to those of untreated fruits held at 10°C. For fruit held at 10 or 20°C, MCP treatment inhibited softening, loss of acidity and color changes on fruit surface. However, there was no considerable benefit of 1-MCP treatment on maintenance of fruit quality during short-term (70 days) and storage at 0°C. Results indicated that 1-MCP is an effective mean to delay ripening and to retain fruit quality during transport and retailing at high temperature conditions (10 or 20°C). Fruit stored at 20°C longer than 40 days may exhibit high incidence of shrivel and decay, regardless of 1-MCP treatment.

**Index Terms:** *Malus domestica*, postharvest, ripening, quality.

### INTRODUÇÃO

A maioria das práticas empregadas para prolongamento da vida pós-colheita de maçãs funciona em parte pela redução dos efeitos do fito-hormônio etileno (Fidler, 1973; Smock, 1979; Knee, 1985). Refrigeração sob atmosfera do ar (AA) e sob atmosfera controlada (AC) são as principais técnicas comercialmente empregadas para a redução da produção e ação do etileno e dos processos fisiológicos associados à maturação de frutos (Fidler, 1973; Smock, 1979). A pulverização pré-colheita de macieiras com inibidor da síntese de etileno AVG (aminoethoxivinilglicina) também têm sido empregada como uma estratégia para retardar a maturação dos frutos na planta e durante a armazenagem (Halder-doll e Bangerth, 1987).

A recente descoberta, feita pelos Drs. Sylvia Blankenship e Ed Sisler da Universidade da Carolina do Norte, de que o gás 1-metilciclopropeno (1-MCP) interfere na habilidade das plantas de responderem ao etileno, representa uma

nova potente ferramenta para o manejo pós-colheita de frutos climatéricos (Sisler e Serek, 1997). Tem sido demonstrado que o inibidor da ação do etileno 1-MCP retarda a maturação e senescência de várias espécies de frutos (Abdi et al., 1998; Fan e Mattheis, 1999a; Fan et al., 1999a; Golding et al., 1998) e inibe o desenvolvimento de algumas desordens fisiológicas que ocorrem durante a armazenagem de maçãs (Fan et al., 1999b).

O presente estudo objetivou determinar os efeitos do tratamento 1-MCP sobre o controle da maturação e conservação da qualidade de maçãs cv. Fuji armazenadas sob diferentes temperaturas.

### MATERIAL E MÉTODOS

Maças cv. Fuji foram colhidas em estádio pré-climatérico (178 dias após a plena floração), em pomar comercial em Wenatchee, WA, em 1999. Um dia após a colheita, os frutos

<sup>1</sup> Trabalho nº 140/2000. Recebido: 17/07/2000. Aceito para publicação: 06/06/2001.

<sup>2</sup> Eng. Agr. D.S. EPAGRI – Estação Experimental de Caçador, CP: 591, 89500-000, Caçador, SC. E-mail: argenta@epagri.rct-sc.br

<sup>3</sup> Eng. Agr. PhD. USDA, ARS - 1104 N. Western Avenue, Wenatchee, WA 98801.

<sup>4</sup> Eng. Agr. PhD. USDA, ARS – ERRC, 600 E. Mermaid Lane, Wyndmoor, PA 19038.

foram tratados com gás de 1-MCP na dose de  $42 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ , por 24 h, a  $20^\circ\text{C}$ , o qual foi gerado a  $20^\circ\text{C}$ , misturando EthylBloc e tampão surfatante (Rohm e Haas Inc.) num frasco de 150 mL, conectado a uma câmara de tratamento (230 L). O gás de 1-MCP foi bombeado para a câmara de tratamento, num sistema fechado. A concentração de 1-MCP na atmosfera da câmara de tratamento foi determinada por cromatografia gasosa, como descrito por Fan et al. (2000). Após o tratamento com 1-MCP, os frutos foram armazenados sob atmosfera do ar a  $0^\circ\text{C}$ , a  $10^\circ\text{C}$  com UR de  $86\pm 5\%$  e a  $20^\circ\text{C}$  com UR de  $70\pm 5\%$ .

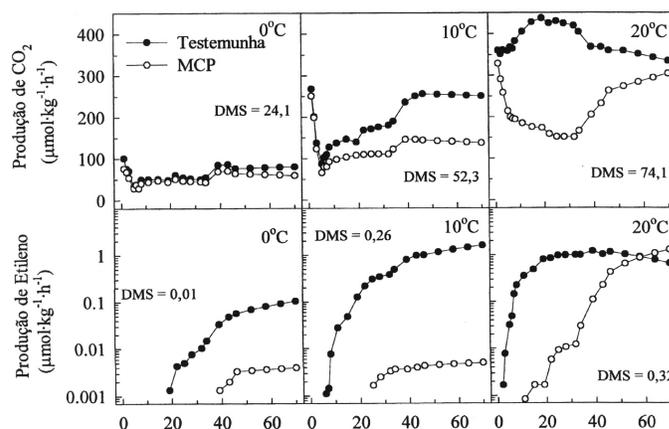
A qualidade e a maturação foram determinadas para cada fruto individualmente após 10; 25; 45 e 70 dias do tratamento com 1-MCP, por meio de análises de firmeza da polpa e acidez titulável (AT) conforme descrito por Mattheis et al. (1998). O índice de cor de fundo (na face sombreada) da superfície dos frutos foi determinado usando-se uma escala visual de 1 a 5 (1 = verde-escuro, 5 = amarelo-laranja) (USDA, 1929). As taxas respiratória e de produção de etileno foram determinadas em amostras de frutos ( $\sim 1$  kg), os quais foram colocados em jarras de 5 L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a  $100 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , e mantidas a 0; 10 ou  $20^\circ\text{C}$ . No ar efluente, foram analisadas as concentrações de  $\text{CO}_2$  e de etileno por meio de um cromatógrafo a gás, conforme descrito por Fan et al. (1999a).

Empregou-se o delineamento de blocos casualizados com 20 repetições (um fruto por repetição), exceto para análises da respiração e produção de etileno, em que se empregaram quatro repetições ( $\sim 1$  kg de frutos por repetição). Os dados foram analisados usando-se o sistema para análise estatística para microcomputador Statistical Analysis System (SAS Institute, Inc.). Os efeitos de tratamento foram analisados pelo procedimento ANOVA, e a separação das médias dos tratamentos foi determinada pelo teste Fischer's Protected LSD ( $\alpha=0,05$ ).

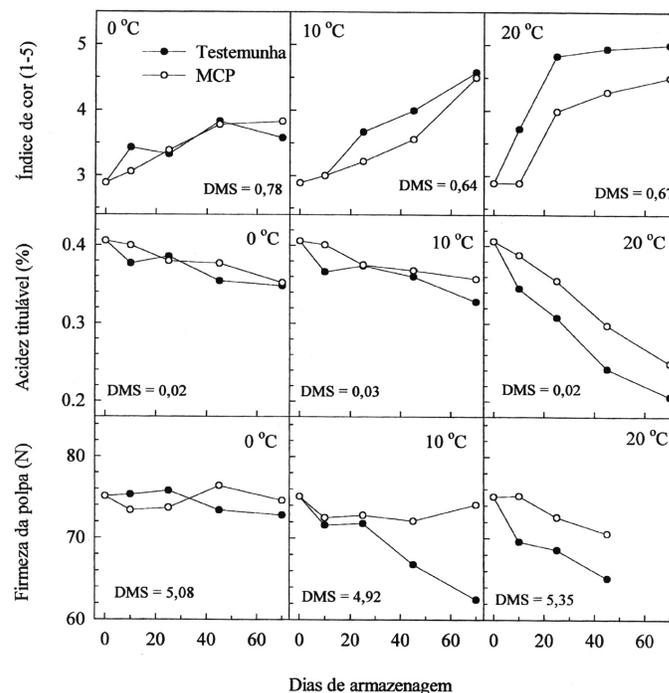
## RESULTADOS

### Respiração e produção de etileno

A redução da temperatura dos frutos para  $0^\circ\text{C}$  ou  $10^\circ\text{C}$  resultou em diminuição das taxas respiratória e de produção de etileno, comparada com aquela de frutos mantidos a  $20^\circ\text{C}$  (Fig. 1). Durante os 70 dias de armazenagem a  $0^\circ\text{C}$ , a taxa respiratória de frutos-controle permaneceu estatisticamente igual àquela de frutos tratados com 1-MCP. A  $10^\circ\text{C}$ , a taxa respiratória diminuiu com o tempo de armazenagem, passando por um mínimo no quinto dia após o tratamento, e então aumentou continuamente. A partir de 22 dias de armazenagem a  $10^\circ\text{C}$ , a taxa respiratória de frutos tratados com 1-MCP permaneceu aproximadamente a metade daquela de frutos não tratados. Frutos-controle armazenados a  $20^\circ\text{C}$  exibiram ligeiro aumento transitório na taxa respiratória. No entanto, em frutos tratados com 1-MCP, a taxa de evolução de  $\text{CO}_2$  diminuiu significativamente durante os primeiros 32 dias de armazenagem a  $20^\circ\text{C}$ , aumentando em seguida até níveis similares àqueles observados logo após o tratamento. A partir do segundo dia até o 52º dia de armazenagem a  $20^\circ\text{C}$ , as taxas respiratórias de frutos tratados com 1-MCP foram significativamente inferiores àquelas de frutos-controle. Frutos tratados com 1-MCP armazenados a  $20^\circ\text{C}$  exibiram taxas respiratórias similares ou inferiores àquelas de frutos-controle armazenados a  $10^\circ\text{C}$ .



**FIGURA 1** - Taxas respiratórias e de produção de etileno de maçãs cv Fuji mantidas 70 dias a 0; 10 ou  $20^\circ\text{C}$ . Os frutos foram tratados com  $42 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$  de 1-metilciclopropeno (1-MCP) por 24 h, um dia após a colheita. As diferenças mínimas significativas (DMS) indicadas no interior da figura foram calculadas pelo teste Fischer's Protected LSD ( $\alpha=0,05$ ).



**FIGURA 2** - Firmeza da polpa, acidez titulável e índice de cor de fundo da superfície de maçãs cv Fuji mantidas 70 dias a 0; 10 ou  $20^\circ\text{C}$ . Os frutos foram tratados com  $42 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$  de 1-metilciclopropeno (1-MCP) por 24 h, um dia após a colheita. Diferenças mínimas significativas (DMS) indicadas no interior da figura foram calculadas pelo teste Fischer's Protected LSD ( $\alpha=0,05$ ).

A redução da temperatura de armazenagem retardou o início da produção acentuada de etileno em frutos controle, bem como em frutos tratados com 1-MCP (Fig. 1). Produção detectável de etileno em frutos tratados com 1-MCP ocorreu apenas após 38; 24 e 15 dias de armazenagem a  $0^\circ\text{C}$ ,  $10^\circ\text{C}$  e  $20^\circ\text{C}$ , respectivamente. Nas três temperaturas de armazenagem,

1-MCP retardou o início da produção de etileno em aproximadamente 20 dias. Além disso, as taxas de produção de etileno em frutos tratados com 1-MCP permaneceram significativamente inferiores àquelas de frutos-controle, independentemente da temperatura de armazenagem, exceto para frutos armazenados a 20°C por mais de 50 dias, em que a produção de etileno de frutos-controle não diferiu daquela de frutos tratados.

### Qualidade dos frutos

Durante 70 dias a 0°C, a textura da polpa não mudou significativamente, mas houve ligeiro amarelecimento da epiderme e perda da acidez titulável (AT), independentemente do tratamento (Fig. 2). Por outro lado, a 20°C, o amadurecimento dos frutos foi evidenciado pelo rápido amarelecimento da epiderme e pela redução da textura e AT. Aproximadamente 80% dos frutos apresentaram sintomas de murcha após 70 dias de armazenagem a 20°C, independentemente do tratamento. Devido à desidratação dos frutos, não foi possível determinar corretamente a firmeza da polpa dos frutos de ambos os tratamentos aos 70 dias de armazenagem a 20°C.

O tratamento dos frutos com 1-MCP resultou em aumento da conservação da firmeza da polpa e da acidez titulável dos frutos armazenados a 10°C e 20°C (Fig. 2). Na armazenagem a 20°C, 1-MCP também retardou o amarelecimento da epiderme dos frutos (Fig. 2). Depois de 70 dias de armazenagem a 10°C, a firmeza da polpa e a AT de frutos tratados com 1-MCP foram semelhantes àquelas de frutos-controle armazenados a 0°C. Da mesma forma, após 45 dias de armazenagem a 20°C, a firmeza da polpa de frutos tratados com 1-MCP foi semelhante ou superior àquela de frutos-controle armazenados a 10°C.

### DISCUSSÃO

A maioria das alterações associadas à maturação dos frutos, como firmeza, acidez titulável (AT), cor da epiderme, sabor e aroma, resulta de processos fisiológicos regulados pela produção interna de etileno (Oetiker e Yang, 1995). Estudos recentes mostram que 1-MCP regula a produção de etileno e a maturação de várias espécies de frutos climatéricos, como tomates e bananas (Serek et al., 1995), maçãs (Fan et al., 1999a), damasco (Fan et al., 2000), peras (Fan et al., 1999c) e ameixas (Abdi et al., 1998). Acredita-se que 1-MCP se liga irreversivelmente ao sítio receptor do etileno, resultando em inibição de sua ação por longos períodos (Sisler e Serek, 1997).

Firmeza da polpa, AT, suculência, aroma e cor da epiderme são aspectos críticos da qualidade de maçãs. No presente estudo, observou-se que pode não haver impacto significativo de 1-MCP sobre a conservação da qualidade de maçãs cv. Fuji durante o armazenamento em curto prazo (por 70 dias) sob atmosfera do ar (AA) a 0°C (Fig. 2). Da mesma forma, não há benefícios significativos do emprego de atmosfera controlada (AC) sobre a conservação da qualidade de maçãs Fuji durante o armazenamento em curto prazo a 0°C (Drake, 1993). Entretanto, o tratamento de maçãs Fuji com gás de 1-MCP na colheita resulta em aumento expressivo da conservação da qualidade durante a armazenagem a longo prazo (6 meses) a 0°C (Fan et al., 1999a). Por outro lado, cultivares de maçãs,

como Gala e Delicious, tratadas com 1-MCP, exibem aumento da conservação da qualidade durante a armazenagem a curto e longo prazos, a 0°C (Argenta et al., 2000).

Maçãs Fuji mantidas a 20°C apresentam aumento significativo da respiração e produção de etileno nos primeiros 20 dias após a colheita (Fig. 1). Nessas condições, o tratamento com 1-MCP efetivamente retardou o aumento da produção de etileno, a respiração e a maturação de maçãs Fuji, comparado com a testemunha (Fig. 1). O prolongamento da armazenagem a 20°C foi limitado, em grande parte, pela desidratação e perda da suculência dos frutos. Em outros estudos recentemente desenvolvidos no Brasil sob condições similares, observou-se que o prolongamento da armazenagem de maçãs Fuji a 20°C foi limitado, em grande parte, pelo desenvolvimento de podridões como aquelas causadas por *Penicillium* sp., *Botrytis* sp. e outros (dados não publicados).

### CONCLUSÕES

O tratamento com 1-MCP retarda a maturação e aumenta a conservação da qualidade de maçãs Fuji durante a armazenagem a 10 e 20°C, podendo ser empregado como estratégia para aumento da conservação da qualidade durante o transporte e a distribuição dos frutos sob condições de alta temperatura. Esse tratamento não representa meio para superação de limitações a conservação pós-colheita de maçãs, como a baixa umidade relativa do ar e a ocorrência de infecções latentes de agentes patogênicos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI, N., MCGLASSON, W.B., HOLFORD, P., WILLIAMS, M., MIZRAHI, Y. Response of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.29-39, 1998.
- ARGENTA, L.C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. Efficacy of 1-MCP in Stored Apple Fruits Depends on Fruit Maturity. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, (Submitted).
- DRAKE, S.R., Short-term controlled atmosphere storage improved quality of several apple cultivars. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, p.486-489, 1993.
- FAN, X., ARGENTA, L., MATTHEIS, J. Inhibition of Ethylene Action by 1-methylcyclopropene Prolongs Storage Life of Apricots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, n.2, p.135-142, 2000.
- FAN, X., ARGENTA, L., MATTHEIS, J. Responses of 'd'Anjou' and 'bartlett' pear fruit to postharvest 1-methylcyclopropene (MCP) treatment. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.3, p.507, 1999c. (abstract)
- FAN, X., BLANKENSHIP, S., MATTHEIS, J.P. MCP inhibits

- apple fruit ripening. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.6, p.690-695, 1999a.
- FAN, X., MATTHEIS, J.P., BLANKENSHIP, S. Development of superficial scald, coreflush, and peel greasiness is reduced by MCP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.47, p.3063-3068, 1999b.
- FIDLER, J.C. Conditions of storage. In: FIDLER, J.C., WILKINSON, B.G., EDNNEY, K.L., SHARPLES, R.O (Ed.), **The Biology of Apples and Pear Storage**. East Malling: Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, 1973. p.3-61. (Research Review, 3).
- 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.
- HALDER-DOLL, H., BANGERTH, F. inhibition of autocatalytic  $C_2H_4$ -biosynthesis by avg applicationns and consequences on the physiological behaviour and quality of apple fruits in cool storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdan, v.33, p.87-96, 1987.
- KNEE, M. Evaluating the practical significance of ethylene in fruit storage. In: ROBERTS, J.A. TUCKER, G.A. (Ed.) Ethylene and plant development. Butterworths Press, p.297-315, 1985.
- MATTHEIS, J., BUCHANAN, D.A., FELLMAN, J. Volatile compounds emitted by 'Gala' apples following dynamic atmosphere storage. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.123, p.426-432, 1998.
- OETIKER, J.H., YANG, S.F., The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticulturae**, Wellington, v.398, p.167-178, 1995.
- SAS Institute. **Doing more with SAS/ASSIST software**. Version 6. Cary: SAS Institute, 1992. 368p.
- SEREK, M., SISLER, E.C., REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Wellington, v.394, p.337-345, 1995.
- SISLER, E. C., SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Rockville, v.100, p.577-582, 1997.
- SMOCK, R.M. Controlled atmosphere storage of fruits. In: **Horticultural Reviews**, Westport, v.1, p.301-336. 1979.
- U.S.D.A. Bureau of Plant Industry. 1929. Standard ground color chart for apples and pears in western states.