

EFEITO DO 1-METILCICLOPROPENO NA CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' EM AR REFRIGERADO E ATMOSFERA CONTROLADA¹

ADRIANA REGINA CORRENT²; AGUINALDO PARUSSOLO³, CESAR LUIZ GIRARDI⁴;
CESAR VALMOR ROMBALDI⁵

RESUMO - Maças 'Royal Gala', colhidas em dois estádios de maturação, foram tratadas com 1-MCP (1-metilciclopropeno) nas concentrações de 0; 625 e 1250 nL.L⁻¹, durante 48 horas, à temperatura de 20 ± 2 °C. Após este tratamento, foram armazenadas em dois diferentes sistemas: em atmosfera controlada à temperatura de 0 ± 0,5 °C, 2,1 a 2,3 kPa de CO₂, 1,8 a 2,0 kPa de O₂ e umidade relativa de 95 ± 5 %, durante 9 meses. Em ar refrigerado a 0,5 ± 0,5 °C e 95 ± 5 % de umidade relativa, durante 8 meses. As análises realizadas demonstraram a eficiência do 1-MCP em controlar a maturação das frutas durante o armazenamento em ambas as condições e pontos de colheita. A aplicação do 1-MCP reduziu drasticamente a produção de etileno, diminuiu a perda de firmeza, além de preservar a acidez total titulável.

Termos de indexação: etileno, pós-colheita, *Malus domestica*

EFFECTS OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON 'ROYAL GALA' APPLES STORED IN REFRIGERATED AIR AND CONTROLLED ATMOSPHERE

ABSTRACT - In the present work were evaluated the effects of 1-MCP on 'Royal Gala' apples stored in refrigerated air and controlled atmosphere. 'Royal Gala' apples were harvested at two ripeness stages and treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP) using two concentrations 625 and 1250 nL.L⁻¹ which were applied during 48 hours at temperature of 20 ± 2 °C. The control fruit was only kept in air. After the treatments the apples were stored in either controlled atmosphere 2,1 to 2,3 kPa CO₂, 1,8 to 2,0 kPa O₂ and 95 ± 0,5 % of relative humidity for 9 months at 0 ± 0,5 °C or in refrigerated air storage at 0,5 ± 0,5 °C and 95 ± 0,5 % of relative humidity, for 8 months. The 1-MCP applications on apples in both storages and ripening stages reduced dramatically the ethylene production. Pulp firmness losses and titratable acidity were also significantly higher compared to control fruit.

Index terms: ethylene, postharvest, *Malus domestica*

INTRODUÇÃO

A 'Gala', compreendendo seus clones, é a cultivar de maçã mais plantada no Brasil, respondendo por 46 % da produção nacional, que é de aproximadamente 850.000 toneladas (ABPM, 2002). A colheita dessa cultivar concentra-se no mês de fevereiro, e sua conservação, dependendo do ponto de colheita e das condições de armazenamento, varia de 3 a 8 meses. Em condições de armazenamento em ar refrigerado (AR), onde se controlam apenas a temperatura e a umidade relativa, a maçã 'Gala' conserva-se por períodos relativamente curtos, de até 4 meses. Já em condições de atmosfera controlada (AC), onde, além do controle da temperatura e da umidade, se monitoram as concentrações de O₂ e CO₂, o período de armazenamento pode ser estendido para 8 meses (Saquet, 1997). Após este período, ocorrem com maior intensidade problemas de ordem fisiológica e sanitária, que depreciam a qualidade das frutas. A rápida perda da firmeza de polpa, a redução da suculência e o surgimento da textura farinácea, além da perda acentuada da acidez e amarelecimento da epiderme, são os principais problemas relacionados aos longos períodos de armazenamento desta cultivar (Brackmann & Saquet, 1995).

Associando-se tratamentos que inibem a produção de etileno, como a aplicação de aminoetoxivinilglicina (AVG) a campo (Halder-doll & Bangerth, 1997) e/ou a utilização de adsorvedores de etileno durante o armazenamento, melhora-se o potencial de armazenamento de maçãs 'Gala'. Por ser o etileno o principal acelerador do metabolismo de maçãs dessa cultivar, as ações que inibem sua produção e ação contribuem para melhor manutenção da qualidade das frutas e aumentam seu período de conservação (Mir et al., 2001).

O metilciclopropeno (1-MCP) liga-se aos receptores membranários do etileno, bloqueando a ligação e a transdução do sinal desse hormônio e, conseqüentemente, as respostas fisiológicas

a esse gás (Serek et al., 1995; Sisler & Serek, 1997). Segundo Argenta et al. (2001), o 1-MCP interfere na habilidade de as plantas responderem ao etileno, representando importante ferramenta para o manejo pós-colheita de frutas climatéricas. No entanto, Watkins et al. (2000) citam que as respostas à aplicação são variáveis, devendo-se testar e calibrar as condições para cada espécie, cultivar, região e sistema de manejo de colheita e de armazenamento.

Neste trabalho, avaliaram-se os efeitos do 1-MCP em maçãs 'Royal Gala' colhidas em dois estádios de maturação e armazenadas em atmosfera controlada e refrigerada.

MATERIALE MÉTODOS

Maças da cultivar Royal Gala foram colhidas em pomar da Estação Experimental de Vacaria, pertencente à Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves. As maçãs foram colhidas em dois estádios de maturação caracterizados como: estádio de maturação 1 e estádio de maturação 2, colhidas 15 dias após a primeira colheita. As frutas colhidas no estádio de maturação 1 apresentavam firmeza de polpa de 82,14 N, acidez total titulável de 0,36 % de ácido málico, teor de sólidos solúveis totais de 14,10 °Brix e produção de etileno de 2,00 nL.g⁻¹.h⁻¹, enquanto as colhidas no estádio 2 apresentavam firmeza de polpa de 79,96 N, acidez total titulável de 0,33% de ácido málico, teor de sólidos solúveis totais de 13,74 °Brix e produção de etileno de 17,11 nL.g⁻¹.h⁻¹. Após a colheita, as maçãs foram tratadas com os fungicidas Iprodione (150 g.100L⁻¹) e Benomil (60 g.100L⁻¹). Em seguida, foram acondicionadas em câmaras com capacidade média de 300 L. Pesaram-se quantidades do produto comercial em pó suficientes para proporcionar concentrações finais de 1-MCP de 0; 625 e 1250 nL.L⁻¹. O produto foi dissolvido em solução de dodecil

¹(Trabalho 162/2003). Recebido:23/10/2003. Aceito para publicação: 14/05/2004.

²Eng. Agr. Doutoranda da Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Dep. de Horticultura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa postal 15100, CEP91-501-970, Porto Alegre-RS, e-mail- acorrent@hotmail.com, Bolsista CNPq

³Químico Industrial MSc. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Porto Alegre-RS

⁴Pesquisador II MSc. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves-RS.

⁵Professor do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, UFPel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

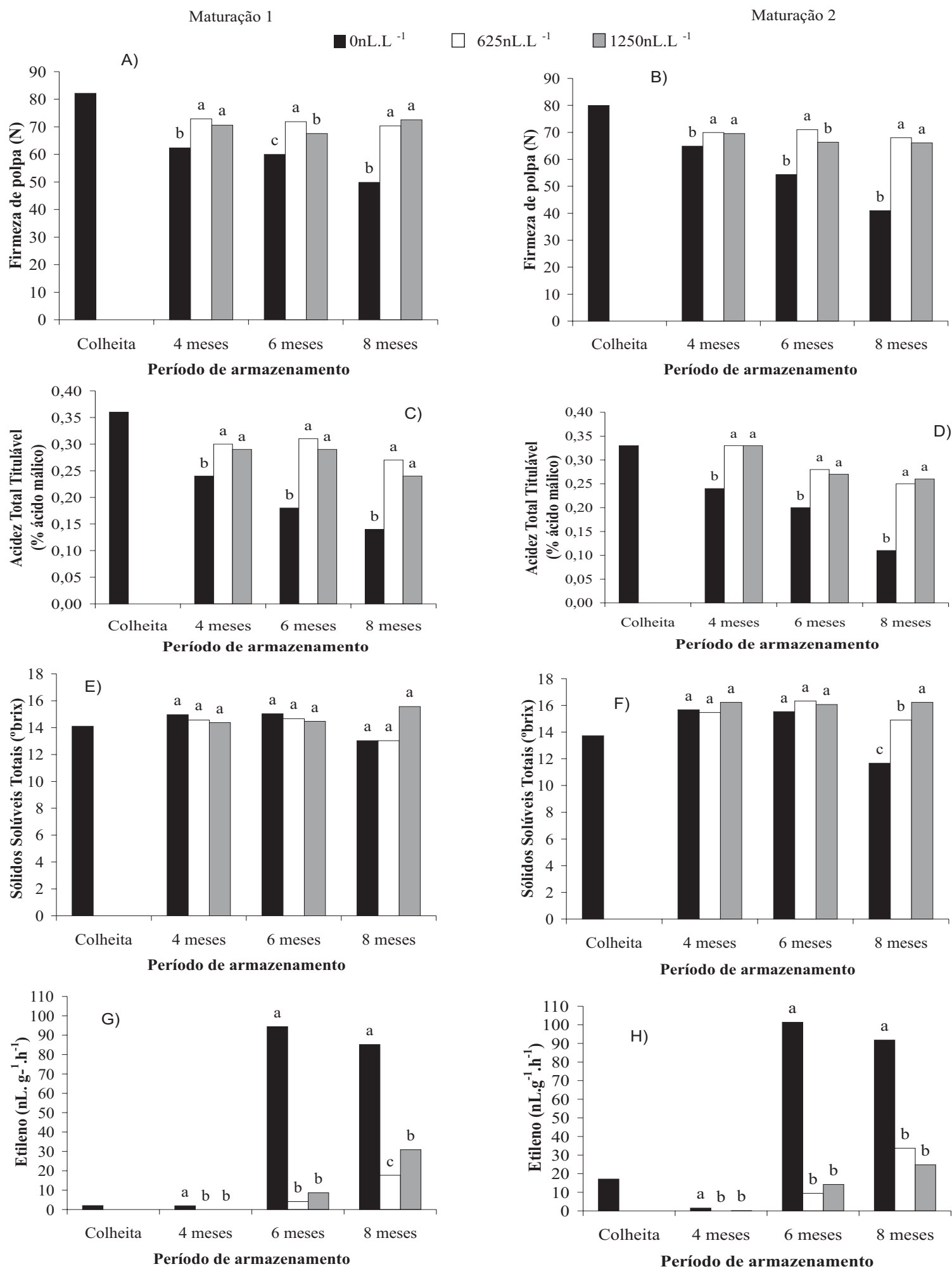


FIGURA 1 - Efeito do 1-MCP na firmeza de polpa (A, B), acidez total titulável (C, D), sólidos solúveis totais (E, F) e produção de etileno (G, H) de maçãs 'Royal 'Gala' armazenadas em ar refrigerado. Bento Gonçalves, 2002.

sulfato de sódio (SDS) a 0,1 %, à temperatura de 50 °C, em vidros hermeticamente fechados. Prepararam-se 10 mL de solução em cada frasco. Após dissolvido o produto, os frascos foram levados para as câmaras e então abertos, permitindo que o produto entrasse em contato com as frutas. As câmaras permaneceram fechadas por 48 horas, à temperatura de 20 ± 2 °C. O tratamento-controle foi mantido nas mesmas condições, porém sem a aplicação de 1-MCP. Passado esse período, as frutas foram armazenadas em AR, com temperatura de $0 \pm 0,5$ °C e umidade relativa de 95 ± 5 %, e AC com níveis de CO_2 variando de 2,1 a 2,3 kPa e 1,8 a 2,0 kPa de O_2 , com temperatura de $0,5 \pm 0,5$ °C e umidade relativa de 95 ± 5 %.

A qualidade e os índices de maturação dessas frutas foram determinados após 4; 6 e 8 meses de armazenamento refrigerado e aos 6 e 9 meses para as maçãs armazenadas em atmosfera controlada. Foram realizadas análises de firmeza de polpa, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e produção de etileno. Essas análises foram realizadas 7 dias após a retirada das frutas das câmaras frigoríficas e manutenção em temperatura ambiente (20 ± 2 °C). As variáveis analisadas foram:

a) Sólidos solúveis totais: determinados com auxílio de refratômetro portátil digital da marca Atago. Os resultados foram expressos em °Brix (Girardi et al., 2003).

b) Firmeza da polpa: determinada com auxílio de um penetrômetro manual, munido de ponteira de 11 mm de diâmetro, expressando-se os resultados em Newtons. Em cada fruto, foram realizadas 2 leituras em lados opostos, na seção equatorial da fruta, após a remoção da epiderme (Girardi et al., 2003).

c) Acidez total titulável: foi determinada por titulometria de neutralização com NaOH 0,1N, utilizando 10mL de suco diluídos em 90 mL de água destilada, titulando-se até pH 8,1, sendo os resultados expressos em % de ácido málico (Girardi et al., 2003).

d) Produção de etileno: foi determinada a partir da coleta de 1 mL da amostra gasosa resultante da incubação de aproximadamente 1kg de frutas em frascos de 5L, hermeticamente fechados, e mantidos a 20 ± 2 °C, durante 1 hora. O etileno produzido foi determinado por cromatografia em cromatógrafo da marca Varian®, Modelo 3300, coluna de aço inox 1/8 preparada com Porapak®, e um detector de ionização de chama. Os resultados foram expressos em nanolitros de etileno, por hora, por grama de fruto ($\text{nL.C}_2\text{H}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), (Girardi et al., 2003).

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, em um esquema com 3 repetições de 15 frutas cada. Para a comparação de médias, foi utilizado o Teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do 1-MCP em maçãs 'Royal Gala' proporcionou efeito positivo na preservação da firmeza de polpa das frutas, tanto naquelas colhidas no estágio de maturação 1 quanto nas colhidas no estágio de maturação 2. Além disso, observou-se que as diferenças de firmeza de polpa entre as frutas tratadas e não-tratadas com 1-MCP aumentaram com o prolongamento do período de armazenamento (Figuras 1A e 1B).

Considerando-se como mínimo de firmeza de polpa para consumo e comercialização de maçãs 'Royal Gala' o valor de 60 N, somente as frutas tratadas com 1-MCP encontram-se em condições adequadas aos 8 meses de armazenamento em ar refrigerado (AR). Ressalta-se, ainda, que essas condições correspondem às avaliações realizadas 7 dias após a retirada das frutas da câmara frigorífica. Sem

a aplicação de 1-MCP, somente as frutas colhidas no estágio de maturação 1 e armazenadas por até 6 meses mantiveram FP superior a 60 N.

Esses resultados diferenciam-se, em parte, daqueles encontrados por Fan et al. (1999), que observaram que o 1-MCP só contribuiu para a manutenção da firmeza de polpa até o 6º mês de AR. A partir daí, segundo esses autores, não houve diferenças significativas entre frutas tratadas e não-tratadas. Essas diferenças de comportamento podem estar vinculadas à procedência das frutas, concentração e condições de aplicação do produto, além da diferença entre estádios de maturação. Esses fatores são citados por Watkins et al. (2000) e Mir et al. (2001) como principais interferentes na eficiência do 1-MCP.

Desta maneira, verificou-se que o 1-MCP contribui para reduzir as perdas de firmeza de polpa, preservando um dos principais atributos de qualidade de maçãs. Esse comportamento era esperado, embora não quantificado, uma vez que o etileno regula a expressão de genes codificadores para enzimas de degradação da parede celular de maçãs (Atkison et al., 1998).

Mesmo em condições de atmosfera controlada (AC), maçãs 'Royal Gala' têm significativas reduções de firmeza de polpa, porém menos acentuadas do que em AR. Assim, por exemplo, na colheita, a firmeza de polpa estava em 80 N, e após 9 meses de armazenamento em AC, reduziu-se para 60 N e 40 N, respectivamente, para frutas colhidas na maturação 1 e na maturação 2 (Figuras 2A e 2B). Essas reduções foram mais intensas em maçãs mantidas em AR, atingindo aos 8 meses de armazenamento valores de 50 N e 35 N para frutas colhidas na maturação 1 e na maturação 2, respectivamente. Esses resultados são semelhantes aos de vários trabalhos realizados com essa cultivar e que demonstraram os efeitos benéficos da AC na redução das perdas de firmeza de polpa (Saquet, 1997; Brackmann & Ceretta, 1999).

O conteúdo de ácidos, monitorado pela queda da acidez total titulável, também foi influenciado pela aplicação de 1-MCP. Durante todo o período de avaliação, as maçãs tratadas com 1-MCP mantiveram mais elevada a acidez total titulável em comparação com as maçãs não-tratadas, independentemente do estágio de maturação na colheita (Figuras 1C, 1D, 2C e 2D). À semelhança do observado com a firmeza de polpa de maçãs armazenadas em AR, somente as maçãs tratadas com 1-MCP mantiveram valores de acidez total titulável acima do mínimo adequado para esta cultivar (0,20% de ácido málico), aos 8 meses de armazenamento em AR. A manutenção da acidez total titulável é importante para garantir o equilíbrio, como o teor de açúcares. Do ponto de vista metabólico, esse comportamento pode ser explicado por menor atividade metabólica das maçãs tratadas com 1-MCP, representada pela menor produção de etileno (Figuras 1G, 1H, 2G e 2H). Os ácidos orgânicos constituem, juntamente com os açúcares, os substratos da respiração e estão intrinsecamente ligados à conservabilidade de maçãs (Bender, 1989). Segundo Pech (2002), o aumento da produção de etileno acelera a intensidade respiratória que, de imediato, aumenta o consumo de ácidos orgânicos e açúcares.

O comportamento diferenciado nesse experimento está relacionado com a aplicação do 1-MCP, que proporciona uma significativa influência na redução da perda da firmeza de polpa e da acidez total titulável. Durante todo o período de avaliação, a firmeza de polpa manteve-se acima de 60 N, independentemente do estágio de maturação na colheita e da concentração de 1-MCP utilizada. Esses resultados demonstram o efeito sinérgico entre o armazenamento em AC e a aplicação do 1-MCP, mesmo para frutas colhidas em estádios avançados de maturação.

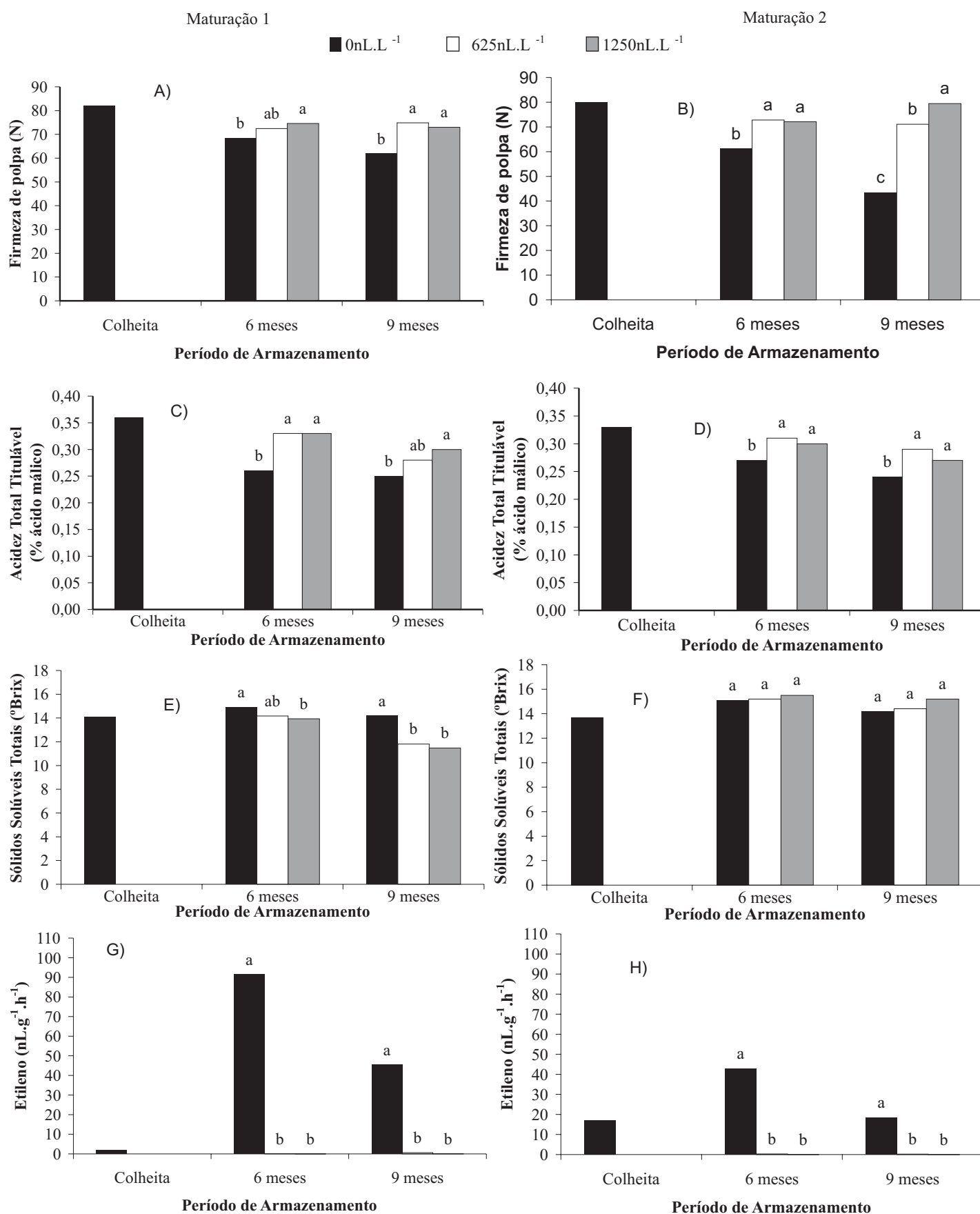


FIGURA 2 - Efeito do 1-MCP na firmeza de polpa (A, B), acidez total titulável (C, D), sólidos solúveis totais (E, F) e produção de etileno (G, H) de maçãs 'Royal Gala' armazenadas em atmosfera controlada. Bento Gonçalves, 2002.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de 1-MCP em maçãs 'Royal Gala' armazenadas em AR proporciona benefícios equivalentes aos do armazenamento em atmosfera controlada.

2. O 1-MCP tem efeito sinérgico à atmosfera controlada durante o armazenamento de maçãs 'Royal Gala'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPM- Informações Estatísticas. Disponível em: <http://www.abpm.org.br/informações.htm> acesso em: 06 junho de 2002.
 ARGENTA, L. C.; MATTHEIS, J.; FAN, X. Retardamento da maturação de maçãs 'Fuji' pelo tratamento com 1-MCP e manejo da temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p. 270-

- 273, 2001.
- ATKINSON, R. G.; BOLITHO, K. M.; WRIGHT, M. A.; ITURRIAGAGOITIA-BUENO, T.; REID, S. J.; ROSS, G. S. Apple ACC-oxidase and polygalacturonase: ripening specific gene expression and promoter analysis in transgenic tomato. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 38, p.449-460, 1998.
- BENDER, R. J. Frigoconservação convencional e em atmosfera controlada de maçãs cv. Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.11, n.1, p.45-50, 1989.
- BRACKMANN, A.; SAQUET, A. A. Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, n.2, p.55-60, 1995.
- BRACKMANN, A.; CERETTA, M. Efeito da redução dos níveis de etileno e de UR no armazenamento de maçãs 'Gala' em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.2, p.215-218, 1999.
- FAN, X.; BLANKENSHIP, S. M.; MATTHEIS, J. P. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v.124, n.6, p.690-695. 1999.
- GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R.; CORRENT, A. R.; ROMBALDI, C. V. Conservação de caqui (*Diospyros kaki*, L.), cv. Fuyu, pela aplicação de 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.53-55, 2003.
- HALDER-DOLL, H.; BANGERT, F. Inhibition of autocatalytic C₂H₄ biosynthesis by AVG applications and consequences on the physiological behavior and quality of apple fruits in cool storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.33, p.87-96, 1987.
- MIR, A. N.; CURELL, E.; KHAN, N.; WITHAKER, M.; BEAUDRY, R. M. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.126, n.5, p.618-624, 2001.
- PECH, J.C. Unraveling the mechanisms of fruit ripening and development of sensory quality through the manipulation of ethylene biosynthesis in melon. In: NATO ADVANCED RESEARCH WORKSHOP ON BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY OF THE PLANT HORMONE ETHYLENE, 2002, Murcia. **Anais...**
- SAQUET, A. A. **Efeito das temperaturas e concentrações de CO₂ e O₂ sobre a qualidade de maçãs da cultivar Gala durante o armazenamento em atmosfera controlada.**, 1997. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Produção Vegetal)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.
- SEREK, M.; SISLER, E. C.; REID, M. S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improved the life of fruits, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Wageningen, 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**, Copenhagen, v.100, p.577-582, 1997.
- WATKINS, B. C.; NOCK, F. J.; 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, v.19, p.17-32, 2000.