



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria
Brasil

Brackmann, Auri; Eisermann, Ana Cristina; Weber, Anderson; Hettwer Giehl, Ricardo Fabiano; Pivotto
Pavanello, Elizandra; Both, Vanderlei

Qualidade da maçã "Gala" armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle
da síntese e da ação do etileno

Ciência Rural, vol. 38, núm. 8, novembro, 2008, pp. 2151-2156

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33113633010>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Qualidade da maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno

Quality of ‘Gala’ apples stored in controlled atmosphere associated with ethylene absorption and control of its syntheses and action

Auri Brackmann^{I*} Ana Cristina Eisermann^{II} Anderson Weber^I Ricardo Fabiano Hettwer Giehl^{II}
Elizandra Pivotto Pavanello^I Vanderlei Both^I

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da inibição da biossíntese de etileno no período pré-colheita e o efeito da inibição da ação ou da absorção do etileno durante o armazenamento em atmosfera controlada (AC; 1,2kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂ a 0°C) sobre a qualidade de maçãs cv. “Gala”. Além disso, avaliou-se também o efeito combinado desses tratamentos. Os tratamentos avaliados foram: (1) armazenamento em AC (controle); (2) aplicação pré-colheita de AVG; (3) AVG + aplicação pós-colheita de 1-MCP; (4) aplicação de 1-MCP; (5) AVG + absorção do etileno durante todo o período de armazenamento; e (6) absorção de etileno. Após oito meses de armazenamento mais sete dias a 20°C, os frutos tratados com AVG apresentaram menor atividade da ACC oxidase. A combinação de AVG + 1-MCP ou AVG + absorção de etileno mantiveram menor produção de etileno até cinco dias de vida de prateleira a 20°C. Além disso, a firmeza da polpa dos frutos submetidos a esses tratamentos combinados manteve-se mais elevada. A cor de fundo da epiderme manteve-se mais verde nos frutos tratados com AVG, independente do tratamento em pós-colheita, demonstrando que a modificação da coloração da epiderme é mais afetada pelo etileno produzido ainda na pré-colheita. Portanto, conclui-se que a aplicação em pré-colheita de AVG associada com a absorção do etileno durante o armazenamento é mais eficiente no controle da maturação de maçãs “Gala”, no entanto, a aplicação pré-colheita de AVG combinada com a aplicação pós-colheita de 1-MCP também é eficiente.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh, amadurecimento, aminoetoxivinilglicina, 1-metilciclopropeno, ACC oxidase.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of inhibition the ethylene biosynthesis at the pre-harvest stage,

the ethylene action and the absorption from the controlled atmosphere storage room on the quality of ‘Gala’ apples. The experimental design was entirely randomized, with four replicates and the experimental unit composed by 25 fruits. The treatments were: (1) CA storage only (control); (2) pre-harvest application of AVG; (3) AVG + postharvest treatment with 1-MCP; (4) 1-MCP; (5) AVG + ethylene absorption during the storage period; and (6) ethylene absorption. Fruit quality was evaluated after 8 months of storage (CA; 1.2 kPa O₂ + 2.5 kPa CO₂ at 0°C) and after 7 days at 20°C. AVG-treated fruits showed lower ACC oxidase activity. AVG + 1-MCP and AVG + ethylene absorption decreased the ethylene production until 5 days of shelf-life and maintained higher flesh firmness. AVG-treated fruits had greener skin color, independently of the postharvest handling, showing that the change in the skin background colour is highly related to the pre-harvest ethylene production. The conclusion of this research is that the pre-harvest treatment of fruits with AVG associated with the absorption of ethylene during the storage is more efficient for controlling the ripening process in ‘Gala’ apples, nevertheless the application of AVG associated with postharvest application of 1-MCP is also efficient.

Key words: *Malus domestica* Borkh, ripening, aminoethoxyvinylglycine, 1-methylcyclopropene, ACC oxidase.

INTRODUÇÃO

A maçã “Gala”, em função de sua elevada taxa respiratória e alta produção de etileno, apresenta rápida perda de firmeza da polpa, redução da acidez titulável e amarelecimento da cor de fundo da epiderme durante o armazenamento e o processo de

^IDepartamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: brackmann@gmail.com. *Autor para correspondência.

^{II}Universidade Hohenheim, Stuttgart, Baden-Württemberg, Alemanha.

comercialização. O etileno é o hormônio responsável pelo desencadeamento de vários processos bioquímicos e fisiológicos, que culminam com o amadurecimento de frutos climatéricos, como maçãs (LELIÈVRE et al., 1997). O controle desse processo é essencial para a redução das perdas em pré e pós-colheita (BRACKMANN & STREIF, 1994). Portanto, técnicas que visem a remoção do etileno e a inibição da sua produção ou da sua ação têm sido desenvolvidas e avaliadas (FAN et al., 1999; MIR & BEAUDRY, 2000; BRACKMANN & WACLAWOVSKY, 2001; BRACKMANN et al., 2003).

A aminoetoxivinilglicina (AVG) é um aminoácido que inibe fortemente a biossíntese do etileno, impedindo a conversão de S-adenosilmetionina para ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (YANG & HOFFMAN, 1984), que é o precursor imediato de etileno, retardando conseqüentemente o amadurecimento. Muitos trabalhos já demonstraram que a aplicação de AVG reduz a queda pré-colheita de maçãs e o processo de maturação, além de manter a qualidade dos frutos após o armazenamento (BRACKMANN & WACLAWOVSKY, 2001; STEFFENS et al., 2006). Porém, existem trabalhos que demonstram que, durante o armazenamento, maçãs tratadas com AVG apresentam comportamento similar às não-tratadas e são induzidas a amadurecer em decorrência do etileno, seja ele produzido endogenamente ou suprido exogenamente (AUTIO & BRAMLAGE, 1982).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) age ligando-se irreversivelmente aos receptores de etileno, inibindo o estímulo fisiológico e a transdução de sinal necessários para desencadear o processo de amadurecimento (SISLER & SEREK, 1997). A aplicação de 1-MCP inibe drasticamente o amadurecimento de frutos (BLANKENSHIP & DOLE, 2003). O aumento da produção e da concentração interna de etileno e os eventos controlados por esse fito-hormônio em frutos climatéricos são prevenidos ou atrasados com a aplicação de 1-MCP (WATKINS, 2006). Em maçãs, o 1-MCP mantém a qualidade e reduz a incidência de podridões (MIR & BEAUDRY, 2000) e de distúrbios fisiológicos, como escaldadura e escurecimento interno da polpa (FAN et al., 1999).

Outra técnica que pode ser utilizada com o objetivo de reduzir o amadurecimento de frutos durante o armazenamento é a remoção do etileno das câmaras de armazenagem. A absorção do etileno, durante o armazenamento de maçãs “Gala”, permite a manutenção da firmeza se polpa, da acidez titulável e da cor de fundo da epiderme, além de diminuir a incidência de distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2003).

O efeito da combinação dessas técnicas, entretanto, ainda não foi devidamente demonstrado em maçãs. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito combinado da aplicação de AVG em pré-colheita e a aplicação de 1-MCP na pós-colheita e a absorção de etileno da câmara, sobre a qualidade de maçãs cv. “Gala”, armazenadas em atmosfera controlada.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul (RS). Os frutos utilizados foram provenientes de um pomar comercial de Vacaria, safra 2005. Ao chegarem ao laboratório, os frutos foram submetidos a um processo de seleção, excluindo-se frutos que apresentavam defeitos ou lesões. Posteriormente, foram efetuadas a homogeneização das amostras experimentais e a aplicação dos tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos por quatro repetições de 25 frutos. Os tratamentos avaliados foram: (1) armazenamento atmosfera controlada (controle); (2) aplicação de AVG em pré-colheita; (3) aplicação de 1-MCP; (4) absorção de etileno durante o armazenamento; (5) aplicação de AVG em pré-colheita + aplicação de 1-MCP; (6) aplicação de AVG + absorção de etileno durante o armazenamento. Em todos os tratamentos, os frutos foram armazenados em atmosfera controlada com 1,2kPa O₂ + 2,5kPa CO₂ na temperatura de 0°C durante oito meses. A umidade relativa (UR), determinada semanalmente com uso de um psicrômetro, foi mantida em torno de 96% em todos os tratamentos.

A aplicação de aminoetoxivinilglicina (AVG) em pré-colheita foi realizada 30 dias antes da colheita com um pulverizador costal com capacidade para 20L. O volume de calda aplicado foi de aproximadamente 1000L ha⁻¹, numa densidade de plantas de 1500ha⁻¹. Utilizou-se como fonte de AVG o produto comercial ReTain® (15% de ingrediente ativo), sendo adicionado à solução o espalhante adesivo organossiliconado Silwet L77® na concentração de 0,05% (v/v). O 1-metilciclopropeno (1-MCP) foi aplicado nos frutos na dose de 900nL L⁻¹, em minicâmaras (0,233m³) hermeticamente fechadas durante 24 horas sob 0,5°C. Utilizou-se como fonte do 1-MCP o produto SmartFresh® (0,43% de 1-MCP na formulação pó).

As análises laboratoriais foram realizadas após oito meses de armazenamento e após sete dias de exposição a 20°C. Os parâmetros avaliados foram: produção de etileno, determinada por meio de cromatografia gasosa

(cromatógrafo Varian®, modelo CX3400), sendo os resultados expressos em μL de C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} ; firmeza da polpa, avaliada por meio de um penetrômetro com ponteira de 7,9mm de diâmetro e expressa em Newton (N); acidez titulável, obtida pela titulação, com NaOH 0,1N, de uma solução de 10mL de suco em 100mL de água destilada até atingir pH 8,1; cor de fundo da epiderme, com colorímetro eletrônico marca Minolta®, sendo os resultados expressos em ângulo de cor ($^{\circ}\text{h}$), em que 0° = cor vermelha, 90° = cor amarela e 180° = verde; degenerescência senescente, avaliada por meio da contagem dos frutos que apresentavam sintomas visuais de escurecimento; e incidência de podridões, avaliada pela contagem dos frutos que apresentavam lesões apodrecidas ($>5\text{mm}$ de diâmetro); a atividade da ACC oxidase foi realizada de acordo com a metodologia proposta por BUFLER (1986), em que foram retiradas amostras de casca dos frutos na região equatorial, totalizando 3g. Estas foram imediatamente incubadas numa solução contendo 0,1mM de ACC e 10mM do tampão MES (ácido 2 (N-morfolino) etanossulfônico) ajustada em pH 6,0. Após 30 minutos, as amostras foram acondicionadas em seringas herméticas de 50mL, nas quais adicionou-se 1mL de CO_2 . Depois de 30 minutos, a concentração de etileno presente nas seringas foi determinada, sendo os dados expressos em $\text{nL C}_2\text{H}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Os dados, expressos em porcentagem, foram transformados pela fórmula $\text{arc.sen} \sqrt{x/100}$, sendo submetidos, com os demais, à análise da variância. As

médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após oito meses de armazenamento, a produção de etileno pelos frutos foi baixa, independente dos tratamentos (Figura 1). Todavia, com a exposição dos frutos a 20°C durante sete dias, foram observados comportamentos diferenciados em função dos tratamentos (Figura 1). A produção de etileno foi mais elevada nos frutos da testemunha, concordando com os maiores níveis de atividade da ACC oxidase já na saída da câmara (Tabela 1). A aplicação de AVG na pré-colheita associada com o tratamento dos frutos com 1-MCP ou a absorção do etileno manteve a produção de etileno baixa durante todo o período avaliado (Figura 1). Menor atividade da ACC oxidase, após sete dias a 20°C , foi observada especialmente nos frutos tratados com AVG + 1-MCP (Tabela 2).

A aplicação de AVG, associada à eliminação do etileno e à aplicação do 1-MCP durante o armazenamento, manteve os frutos mais firmes após oito meses (Tabela 1). O efeito manteve-se inclusive após a exposição dos frutos a 20°C durante sete dias (Tabela 2), especialmente para o tratamento AVG + absorção de etileno. A redução da firmeza da polpa é um processo desencadeado pelo etileno (SISLER &

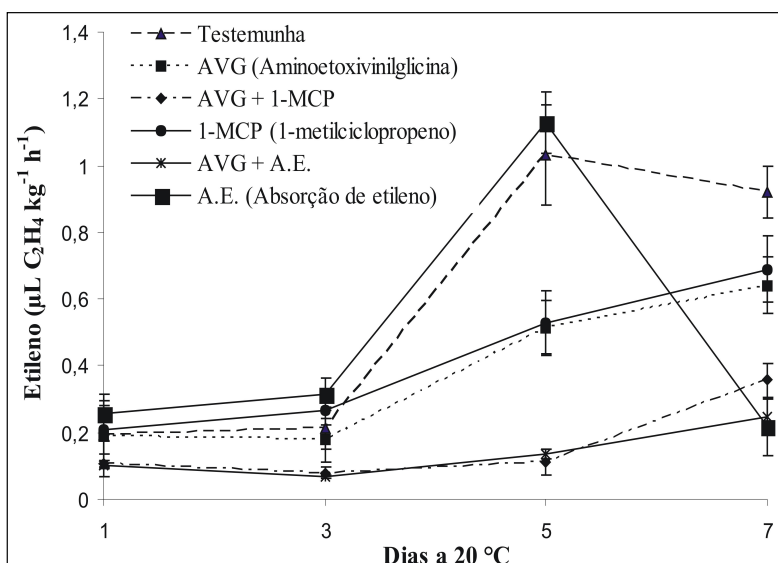


Figura 1 - Produção de etileno em maçãs cv. “Gala”, após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada na temperatura de 0°C , durante sete dias de exposição a 20°C . Santa Maria, 2007. Os dados mostrados equivalem à média de quatro repetições \pm o desvio padrão.

Tabela 1 - Qualidade físico-química de maçãs “Gala” após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,2 kPa O₂ + 2,5 kPa CO₂). Santa Maria, 2007.

Tratamento	Cor de fundo epiderme ¹		SST ² (°Brix)	AT ² (meq 100mL ⁻¹)	Firmeza da polpa (N)	Podridão (%)	Degener. Senescente (%)	Atividade da ACC oxidase (μl C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹)
	°hue	C*						
Testemunha	89,7 bc ³	47,8 ab	13,2 a	3,33 b	56,2 c	22,3 ab	17,1 ab	61,3 a
AVG	93,2 a	46,3 bc	12,8 ab	3,48 ab	63,1 bc	21,4 ab	16,4 ab	34,6 b
1-MCP	88,7 c	48,3 a	12,2 b	3,28 b	57,4 c	26,1 a	25,8 a	10,9 c
A.E. ²	87,1 c	48,2 a	13,0 ab	3,28 b	61,3 bc	19,2 ab	13,5 abc	14,5 c
AVG + 1-MCP	92,3 ab	45,4 c	12,9 ab	3,65 a	68,0 ab	8,0 c	10,1 bc	10,2 c
AVG + A.E.	94,0 a	45,1 c	13,0 ab	3,53 ab	73,7 a	10,6 bc	3,1 d	10,5 c
CV (%)	2,49	3,50	4,01	4,94	8,51	20,58	38,96	36,70

¹ ° hue, sendo 0° = vermelho; 90° = amarelo; 180° = verde; C* = quanto maior o valor mais pura a cor.

² A.E.: Absorção de etileno; SST: Sólidos solúveis totais; AT: Acidez titulável.

³ Médias não seguidas de mesma letra diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

SEREK, 1997), sendo que o uso de AVG em pré-colheita (BRACKMANN & WACLAWOVSKY, 2001; STEFFENS et al., 2006) e de 1-MCP na pós-colheita (MIR et al., 2001; SAFTNER et al., 2003; BAI et al., 2005) reduz significativamente esse processo em maçãs. No entanto, o presente trabalho demonstra que a combinação dessas duas técnicas apresenta efeito maior do que seu uso isolado (Tabelas 1 e 2). Além disso, observou-se que, especialmente, a absorção do etileno durante o armazenamento combinada com a aplicação de AVG na pré-colheita melhorou a firmeza da polpa em relação a esses tratamentos aplicados isoladamente (Tabelas 1 e 2). Esses resultados concordam com JOHNSON & COLGAN (2003), que verificaram um aumento na firmeza de polpa em frutos de maçãs cv. “Cox’s Orange Pippin” tratadas com AVG na pré-colheita e submetidas à remoção do etileno durante o armazenamento.

Os frutos tratados com AVG + 1-MCP e AVG + absorção de etileno apresentaram menor porcentagem de ocorrência de podridão, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos (Tabelas 1 e 2). A porcentagem de frutos com degenerescência senescente foi menor quando se combinou a aplicação de AVG com a absorção de etileno, tanto na saída da câmara quanto aos sete dias de exposição a 20°C (Tabelas 1 e 2). A remoção do etileno durante o armazenamento diminuiu a ocorrência de degenerescência de polpa nos frutos (BRACKMANN et al., 2003). O uso isolado de AVG, 1-MCP e da absorção de etileno resultou numa ocorrência de podridões e de degenerescência senescente semelhante ao controle, tanto na saída da câmara como aos sete dias de exposição a 20°C (Tabela 1 e 2). Considerando-se uma possível regeneração dos receptores de etileno durante o armazenamento (BLANKENSHIP & DOLE, 2003), o controle efetivo da

Tabela 2 - Qualidade físico-química de maçãs “Gala” após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada (1,2 kPa O₂ + 2,5 kPa CO₂) mais sete dias de exposição a 20°C. Santa Maria, 2007.

Tratamento	Cor de fundo Epiderme ¹		SST ² (°Brix)	AT ² (meq 100mL ⁻¹)	Firmeza da polpa (N)	Podridão (%)	Degener. Senescente (%)	Atividade da ACC oxidase (μl C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹)
	°hue	C*						
Testemunha	89,2ab ³	49,1 a	12,2 b	3,22 c	57,7 c	39,2 ab	30,5 ab	35,3a
AVG	86,9 bc	46,7 a	12,5 ab	3,46 b	63,5 b	42,9 a	24,0 bc	14,4 bc
1-MCP	81,3 d	48,5 a	12,7 a	3,72 a	67,2 b	45,3 a	28,2 ab	23,7 abc
A.E. ²	82,7 d	47,0 a	12,5 ab	3,58 ab	62,9 b	31,0 ab	36,2 a	32,1 ab
AVG + 1-MCP	90,8 ab	46,1 a	12,3 ab	3,73 a	72,2 a	16,1 c	16,9 c	9,1 c
AVG + A.E.	93,6 a	46,6 a	12,2 b	3,65 ab	73,0 a	18,9 bc	10,0 d	16,4 bc
CV (%)	5,06	2,87	1,95	3,48	4,58	27,34	32,85	36,70

¹ ° hue, sendo 0° = vermelho; 90° = amarelo; 180° = verde; C* = quanto maior o valor mais pura a cor.

² A.E.: Absorção de etileno; SST: Sólidos solúveis totais; AT: Acidez titulável.

³ Médias não seguidas de mesma letra diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

degenerescência exige a combinação de técnicas que visem bloquear os receptores existentes e também reduzir a presença de etileno. Dessa forma, para se obter um controle efetivo do etileno, provavelmente sejam necessárias aplicações sucessivas de 1-MCP (MIR et al., 2001). Susceptibilidade a várias desordens parece aumentar pelo uso de 1-MCP, entretanto, poucas pesquisas têm sido publicadas nesse sentido (WATKINS, 2006).

A aplicação de 1-MCP e a absorção de etileno ou a associação destes com AVG resultou em maiores valores de acidez titulável na saída da câmara, não diferindo da sua aplicação isolada ou associada à absorção de etileno (Tabela 1). O AVG retarda a maturação dos frutos e com isso inibe a degradação dos ácidos orgânicos, mantendo mais elevados os valores de acidez titulável (WANG & DILLEY, 2001). Após sete dias a 20°C, os frutos da testemunha e aqueles tratados somente com AVG apresentaram menor acidez titulável (Tabela 2). Estes dados mostram que somente a inibição da síntese do etileno não é suficiente para manter alto os valores de acidez, sendo, portanto, necessária a associação de um produto que inibe a ação do etileno. Na cor de fundo da epiderme, observou-se, pelos valores do ângulo de cor (^hhue), que a aplicação de AVG, associada ou não ao 1-MCP ou à absorção de etileno, manteve os frutos mais verdes na saída da câmara e após sete dias a 20°C (Tabela 1 e 2). WACLAWOVSKY (2001) também obteve frutos com cor de fundo da epiderme mais verde ao associar o uso de AVG em pré-colheita com absorção de etileno durante o armazenamento. O tratamento dos frutos com AVG inibe a síntese e/ou a atividade de clorofilases (FERRI et al., 2002), possivelmente em função do seu efeito sobre a produção de etileno. JOHNSTON et al. (2002) constataram que o início do amarelecimento de maçã coincidiu com o aumento da concentração interna de etileno. Dessa forma, quando se associou a aplicação de AVG em pré-colheita com outras técnicas, capazes de afetarem a presença ou a ação do etileno durante o armazenamento, foi obtido uma redução na velocidade do processo de degradação das clorofilas.

CONCLUSÃO

A aplicação de AVG na pré-colheita associada à absorção de etileno na câmara de armazenamento é a técnica mais eficiente de controlar a maturação e a perda de firmeza de maçãs. Uma segunda opção para o controle da maturação seria a associação de AVG com 1-MCP.

REFERÊNCIAS

- AUTIO, W.R.; BRAMLAGE, W.J. Effects of AVG on maturation, reopening and storage apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.107, p.1074-1077, 1982.
- BAI, J.H. et al. Response of four apple cultivars to 1-methylcyclopropene treatment and controlled atmosphere storage. **HortScience**, Alexandria, n.40, p.1534-1538, 2005.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-methylcyclopropene a review. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.28, p.1-25, 2003.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçã "Gala" sob diferentes atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.647-650, 2003.
- BRACKMANN, A.; STREIF, J. Ethylene, CO₂ and aroma volatiles production by apple cultivars. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.368, p.51-58, 1994.
- BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A.J. Responses of 'Gala' apples to preharvest treatment with AVG and low ethylene CA storage. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.553, p.155-157, 2001.
- BUFLER, G. Ethylene-promoted conversion of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid to ethylene in peel of apple at various stages of fruit development. **Plant Physiology**, Rockville, v.80, p.539-543, 1986.
- FAN, X. et al. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by 1-MCP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.47, n.8, p.303-306, 1999.
- FERRI, V.C. et al. Controle da maturação de caquis "Fuyu" com uso de aminoetoxivinilglicina e ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p.344-347, 2002.
- JOHNSON, D.S.; COLGAN, R.J. Low ethylene controlled atmosphere induces adverse effects on the quality of 'Cox's Orange Pippin' apples treated with aminoethoxivinylglycine during fruit development. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.27, p.59-68, 2003.
- JOHNSTON, J.W. et al. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, p.185-196, 2002.
- LELIÈVRE, J.M. et al. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.
- MIR A.N. et al. 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.
- MIR, N.A.; BEAUDRY, R.M. Use of 1-MCP to reduce the requirement for refrigeration and modified-atmospheres in the storage of apple fruit. In: INTERNATIONAL CONFERENCE

ON POSTHARVEST SCIENCE, Jerusalém, 2000. **Abstracts...** Jerusalém, Israel: ISHS/ARO, 2000. p.23.

SAFTNER, R.A. et al. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in 'Golden Delicious' apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, n.128, p.120-127, 2003.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level. **Physiologia Plantarum**, Lund, v.100, p.577-582, 1997.

STEFFENS, C.A. et al. Maturação da maçã "Gala" com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.434-440, 2006.

WACLAWOVSKY, A.J. **Controle da maturação de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) cv. "Gala", com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG).** 2001. 134f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

WANG, Z.; DILLEY, D.R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. **HortScience**, Alexandria, v.36, n.2, p.328-331, 2001.

WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Oxford, v.24, p.389-409, 2006.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.35, p.155-189, 1984.