

## Qualidade pós-colheita de maçãs ‘Gala’ tratadas com 1-Metilciclopropeno

Deysi Mosquera<sup>1</sup>  
Jessica Mayumi Anami<sup>2</sup>  
Raquel Carlos Fernandes<sup>1</sup>  
Angélica Schmitz Heinzen<sup>2</sup>  
Diana Carolina Lima Freitas<sup>1</sup>  
Laís Dieb Lima<sup>1</sup>

**RESUMO:** A alta produção de maçãs esta concentrada em um curto período do ano, e por tratar-se de um fruto perecível, faz-se necessário o armazenamento. A conservação pós-colheita dos frutos depende principalmente da diminuição da temperatura, já que esta afeta as taxas respiratória e de produção de etileno, no entanto, é necessário associar a refrigeração à outros métodos de conservação, como o uso de inibidores de etileno. Tem sido demonstrado que o 1-Metilciclopropeno (1-MCP) é uma ferramenta que permite regular o etileno e preservar a qualidade dos frutos, o que permite a comercialização por longos períodos após a colheita. O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência do 1-MCP no retardo da maturação e, conseqüentemente, na qualidade dos frutos de maçã ‘Gala’ sob condições de temperatura ambiente. Os frutos foram provenientes de um pomar comercial de Vacaria, RS, na safra 2018. Os tratamentos consistiram em frutos controle (frutos sem 1-MCP) e frutos tratados com 1-MCP. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os frutos foram analisados quanto a: firmeza da polpa, coloração da casca, sólidos solúveis, acidez titulável, incidência de podridão, polpa farinácea, taxa respiratória e produção de etileno. Após o armazenamento mais sete dias em condições ambiente (temperatura  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  e  $63\pm 2\%$  de UR), os resultados mostraram uma melhor qualidade em frutos tratados com 1-MCP, em relação à acidez titulável, coloração da casca, incidência de polpa farinácea, taxa respiratória e produção de etileno, com exceção do teor de sólidos solúveis (SS) e incidência de podridão. Isto demonstra que a aplicação de 1-MCP apresenta benefícios na manutenção da qualidade de maçãs ‘Gala’ contribuindo na prolongação da vida pós-colheita.

**Palavras-chave:** distúrbio fisiológico, etileno, qualidade físico-químicas.

1 Eng. Agr., mestrando (a), Universidade do Estado de Santa Catarina.

2 Eng. Agr., doutorando (a) Universidade do Estado de Santa Catarina.

## POST-HARVEST QUALITY OF 'GALA' LITTER TREATED WITH 1-METHYLCYCLOPROPENE

**ABSTRACT:** *The high production of apples is concentrated in a short period and because it is a perishable fruit, it is necessary the storage, the post-harvest conservation of fruits depends mainly on the decrease of the temperature, since this affects the respiratory rates and ethylene production, however, it is necessary to associate with refrigeration to other conservation methods, such as the use of ethylene inhibitors, 1-Methylcyclopropene (1-MCP) has been shown to be a tool for regulating ethylene and preserving the quality of the fruits which allows the commercialization by long periods after the harvest. The objective of the present study was to evaluate the efficiency of 1-MCP in the maturation delay and consequently in the quality of 'Gala' apple fruits under ambient temperature conditions. The fruits were from a commercial orchard of Vacaria, RS, in the 2018 harvest. The treatments consisted of control fruits (fruits without 1-MCP) and fruits treated with 1-MCP. The experimental design was a completely randomized design, with three replications. The fruits were analyzed for pulp firmness, peel color, soluble solids, titratable acidity, incidence of rot, farinaceous pulp, respiratory rate and ethylene production. After storage more seven days at ambient conditions (temperature  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  e  $63\pm 2\%$  de UR). the results showed a difference in fruits treated with 1-MCP, in relation to titratable acidity, skin color, incidence of farinaceous pulp, respiratory rate and ethylene production, except soluble solids content and incidence of rot. This demonstrates that the application of 1-MCP presents benefits in maintaining the quality of 'Gala' apples contributing to the prolongation of post-harvest life.*

*Keywords: physiological disturbance, ethylene, physical-chemical quality.*

## INTRODUÇÃO

A alta produção de maçãs esta concentrada em um curto período, e por tratar-se de um fruto perecível, faz-se necessário o armazenamento, o que permite a comercialização por longos períodos após a colheita (MAZZURANA et al., 2016). A maior parte da produção de maçãs é destinada a mercados para consumo *in natura*, por isso, são necessárias condições de armazenamento e métodos de conservação pós-colheita que permitam manutenção da qualidade, a qual vem sendo estudada ao longo dos anos (PETRI et al., 2011).

Uma das técnicas para aumentar a durabilidade, manter a qualidade dos frutos e minimizar as perdas pós-colheita é a diminuição na taxa respiratória através do armazenamento à baixa temperatura (CORRE al et el., 2011). No entanto, é necessário associar à refrigeração outros métodos de conservação, como o uso de

inibidores de etileno. Tem sido demonstrado que o 1-metilciclopropeno (1-MCP) retarda a maturação e senescência de várias espécies de frutos (OHASHI et al., 2016), além da redução da incidência de desordens fisiológicas e podridões que ocorrem durante a armazenagem de maçãs (MAZZURANA et al., 2016). O uso de 1-MCP no armazenamento de maçãs foi intensificado por inibir efetivamente a ação do etileno e controlar a maturação e a senescência dos frutos (MAZZURANA et al., 2016). O composto volátil 1-MCP liga-se permanentemente aos receptores de etileno do tecido dos frutos, impedindo sua ação e, conseqüentemente, favorecendo um maior potencial de conservação (AMBAW et al., 2011).

Isso significa que, antes de chegar aos consumidores, a maior parte das maçãs são armazenadas por longos períodos e transportadas a longas distâncias do local de produção, por isso, é necessário manter a qualidade das maçãs ofertadas ao consumidor. Desse modo, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de 1-metilciclopropeno sobre a atividade respiratória, a produção de etileno e qualidade físico-química de maçãs “Gala”, após sete dias em condições ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

Maçãs da cultivar ‘Gala’ foram coletadas em pomar comercial no município de Vacaria, RS (“28°31’ 51” S de latitude, 50°48’31” O de longitude e 970 m de altitude) e levadas para o laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC).

Os tratamentos consistiram em controle (frutos sem 1-MCP), e frutos tratados com 1-MCP. Para o tratamento com 1-MCP foi utilizado o produto SmartFresh® (0,14% de 1MCP na formulação pó), os frutos ficaram expostos ao tratamento durante 24horas, e posteriormente armazenados a 0,5°.

Após o armazenamento mais sete dias em condições ambiente os frutos foram avaliados quanto aos atributos de qualidade. A taxa respiratória ( $\eta\text{mol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) e de produção de etileno ( $\eta\text{mol etileno kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) foram quantificadas acondicionando os frutos de cada amostra em um recipiente de 4100 mL, que permite o fechamento hermético. Após 30 minutos, foram retiradas três alíquotas de 1 mL de volume de cada amostra e injetadas em um cromatógrafo a gás Varian®, modelo CP-3800 (Palo Alto, CA, EUA) para quantificar as concentrações de  $\text{CO}_2$  e  $\text{C}_2\text{H}_4$ . O cromatógrafo Varian® era equipado com coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, detector,

metanador e injetor foram de 45, 120, 300 e 110 °C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min<sup>-1</sup>, respectivamente.

A cor da epiderme foi avaliada com o auxílio de um colorímetro Minolta® modelo CR 400, sendo as leituras realizadas nas regiões mais e menos vermelhas do fruto e os resultados expressos em luminosidade (L), croma (C) e ângulo hue (h°), o qual define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. A incidência (%) de podridão e polpa farinácea foi determinada pela contagem dos frutos com sintomas em relação ao número total de frutos da amostra.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em duas superfícies opostas, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd, Cidade 48 do Cabo, África do Sul) equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro.

Os valores de acidez titulável (AT) foram obtidos através de uma amostra de 5 mL de suco, obtido pelo processamento dos frutos em uma centrífuga. Essa amostra foi diluída em 45 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1. Para titulação das amostras foi utilizado um titulador automático TitroLine®, sendo expressa em porcentagem de ácido málico.

Os teores de sólidos solúveis (SS) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201, utilizando uma alíquota do suco obtido pelo processamento dos frutos e expresso em °Brix.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05), utilizando o programa SAS.

## RESULTADOS

A atividade respiratória apresentou diferença entre os tratamentos no momento da saída da câmara e aos sete dias após o início do experimento, sendo que o controle apresentou atividade respiratória mais elevada, comparada com os frutos tratados com 1-MCP. Com relação à produção de etileno, o pico de produção de etileno foi observado somente nos frutos do tratamento controle, atingindo valores de 0,24 e 0,5  $\mu\text{mol Kg}^{-1} \text{s}^{-1}$  (Saída da câmara e aos sete dias respectivamente) (Tabela 1).

Tabela 1. Atividade respiratória e taxa de produção de etileno de maçãs “Gala” com aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), após sete dias em condições ambiente (temperatura 20±5°C e 63±2% de UR).

*Tabela 1. Respiratory activity and ethylene production rate of 1-methylcyclopropene (1-MCP) apple apples after seven days at ambient conditions (temperature 20 ± 5 ° C and 63 ± 2% RH).*

Tratamento	Taxa de produção de etileno $\eta\text{mol Kg}^{-1} \text{s}^{-1}$		Taxa respiratória $\eta\text{mol Kg}^{-1} \text{s}^{-1}$	
	Saída da câmara	7 dias	Saída da câmara	7 dias
Controle	0,24 a	0,5 a	77,69 a	246,26 a
1-MCP	0 b	0 b	61,42 b	147,76 b
CV (%)	46,58	29,6	11,15	13

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 2 observa-se que a aplicação de 1-MCP não afetou o teor de SS, e quanto à AT, frutos tratados com 1-MCP apresentaram maiores valores. Os valores observados de ângulo *hue* não diferiram entre os tratamentos, o que mostra que, tanto os frutos do tratamento controle, quanto os tratados com 1-MCP, apresentavam uma cor de fundo levemente amarela (Tabela 2). A firmeza da polpa manteve-se em valores mais elevados em frutos tratados com 1-MCP após sete dias de exposição em condições ambiente.

Tabela 2. Atributos físico-químicos de maçãs “Gala” com aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), após sete dias em condições ambiente (temperatura 20±5°C e 63±2% de UR).

*Tabela 2. Physicochemical attributes of "Gala" apples with application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) after seven days at ambient conditions (temperature 20±5°C e 63±2% de UR).*

Tratamento	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	AT%	pH	L	C	<i>h</i> °	Firmeza(N)
Controle	12,9 <sup>ns</sup>	0,12b	4,07a	75,6a	48,8a	90,5 <sup>ns</sup>	67,74a
1-MCP	13,46	0,16a	3,39b	73,5b	45,4b	91,8	97,23b
CV %	5,43	6,17	7,76	1,43	2,15	2,01	3,66

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

Na análise realizada aos sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente, não houve diferença entre tratamentos quanto à incidência de podridões, já o tratamento com 1-MCP apresentou os menores valores de polpa farinácea comparado com o tratamento controle, que apresentou 20,22 % de polpa farinácea (Tabela 3).

Tabela 3. Ocorrência de podridão e de polpa farinácea em maçãs "Gala" com aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP), após sete dias em condições ambiente (temperatura 20±5°C e 63±2% de UR).

*Tabela 3. Occurrence of rot and farinaceous pulp in apples "Gala" with application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) after seven days at ambient conditions (temperature 20±5°C e 63±2% de UR).*

Tratamento	Incidencia de Podridão (%)	Polpa Farinácea (%)
Controle	1,77 a	20,22 a
1-MCP	0,22 a	5,82 b
CV %	156,34	33,23

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p > 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Com o avanço da maturação, é esperada uma redução no teor de ácidos orgânicos e um aumento de açúcares. Hackbarth et al. (2017) ao avaliarem a influência de aplicação de 1-MCP sobre a maturação de maçãs 'Galaxy' na pós-colheita, relataram que os frutos tratados com 1-MCP atingiram maiores valores de acidez titulável, conforme observado em este trabalho. Provavelmente o alto conteúdo de acidez titulável esta relacionada com o efeito bloqueador da síntese de etileno e pela desaceleração do metabolismo dos frutos e menor consumo dos ácidos orgânicos (SANCHES et al., 2017).

Os sólidos solúveis não foram diferentes nos frutos controle e tratados com 1-MCP. Choi et al. (2014) observaram um comportamento similar em maçãs 'Fuji' onde frutos tratados com 1-MCP não mostraram diferenças no conteúdo de sólidos solúveis. Do mesmo modo, este comportamento foi encontrado em kiwis tratados com 1-MCP durante o armazenamento (VIEIRA ET AL., 2012).

A degradação da clorofila é causada pela atividade da clorofilase, e o aumento desta atividade enzimática esta associada à produção do etileno durante a maturação (WANG et al., 2015; CHAROENCHONGSUK et al., 2015), desse modo, é possível afirmar que o 1-MCP possui forte ação na inibição do etileno, controlando assim uma das características mais importantes para a aceitação dos frutos pelos consumidores, pois estes relacionam cor com doçura do fruto, preferindo frutas de cor vermelha brilhante.

Os frutos tratados com 1-MCP mantiveram-se mais firmes, isso significa um atraso na maturação dos frutos, pela redução na degradação das enzimas

poligalacturonase (PG) e pectina metilesterase (PME) relacionadas com a perda da firmeza do fruto (WEI et al., 2010). O efeito do 1-MCP na retenção da firmeza em maçãs 'Gala' tem sido reportado por diferentes autores, que observaram resultados similares na retenção da firmeza dos frutos em relação ao tratamento controle (SANCHES et al., 2017; WATKINS et al., 2012; COCCI et al., 2014; MAZZURANA et al., 2016).

A polpa farinácea é um distúrbio fisiológico relacionado com a senescência dos tecidos do fruto, e diferentes trabalhos têm demonstrado o efeito do 1-MCP na conservação da qualidade dos frutos, evitando assim altos percentagens de distúrbios fisiológicos (MAZZURANA et al., 2016; HACKBARTH et al., 2017). Alves et al. (2010) observaram o mesmo comportamento em frutos de ameixa ao associar o uso de 1-MCP com níveis de temperatura adequados.

A qualidade dos frutos durante o armazenamento esta relacionada com a redução da taxa respiratória e produção de etileno (SCOLARO et al., 2015; POYESH et al., 2016), e o 1-MCP é considerado um inibidor de etileno e retarda a atividade respiratória dos frutos. Em frutos que não são tratados 1-MCP, foi demonstrado uma maior taxa respiratória, maior consumo de reservas como açúcares e ácidos orgânicos, além da perda da firmeza e cor.

Brackman et al., (2010) observaram uma redução da atividade da enzima ACC oxidase ao utilizar 1-MCP em maçãs colhidas em diferentes estados de maturação. Do mesmo modo, Argenta Fante et al., (2013) trabalhando com maçãs do cultivar Eva observou que a aplicação de 1-MCP reduz a produção de etileno, o que permite estender o pico climatérico dos frutos.

É demonstrado que a aplicação de 1-MCP após 12 ou 20 dias após a colheita pode diminuir a produção de etileno, mas este atua melhor quando é aplicado seis dias depois da colheita obtendo melhores resultados na qualidade do fruto (REBEAUD et al., 2015). Em atemoia, uma fruta tropical e com amadurecimento rápido, o uso de 1-MCP permitiu obter frutos com melhor qualidade, atrasando o acúmulo de sólidos solúveis, degradação de amido (SILVA et al., 2016)

## **CONCLUSÕES**

O tratamento com 1-MCP representa uma forma de manter a conservação da qualidade e retardar a maturação maçãs Gala, ao reduzir a taxa respiratória e

produção de etileno e, conseqüentemente, reduzir a perda de firmeza e a ocorrência de distúrbios fisiológicos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Schio por ceder os frutos para a realização do experimento e a Universidade do Estado de Santa Catarina, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. O. ; STEFFENS, C. A.; TALAMINI DO AMARANTE, C. V.; WEBER, A.; MIQUELOTO, A.; BRACKMANN, A. Armazenamento refrigerado de ameixas' Laetitia' com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. *Ciência Rural*, v.40,n.1. 2010.

ARGENTA FANTE, C.; VILAS BOAS, A. C.; CARVALHO COSTA, A; PABLO SILVA, E.; DE OLIVEIRA, M. C.; DE OLIVEIRA LIMA, L. C. 1-MCP nos aspectos fisiológicos e na qualidade pós-colheita de maçãs Eva durante o armazenamento refrigerado. *Ciência Rural*, v. 43, n.12, 2013.

BRACKMANN, A.; ANESE, R. D. O.; PINTO, J. A. V.; BOTH, V.; VENTURINI, T. L.; SCHORR, M.R. W. Aplicação de 1-metilciclopropeno e absorção de etileno em maçã da cultivar 'Royal Gala' colhida tardiamente. *Ciência Rural*, v. 40 n.10, p. 2074-2080, 2010.

CORRÊA, T. R.; STEFFENS, C. A.; DO AMARANTE, C. V. T.; BRACKMANN, A.; SILVEIRA, J. P. G.; TANAKA, H.; BOTH, V. Qualidade de maçãs' Fuji' armazenadas em atmosfera controlada e influência do clima na degenerescência da polpa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.6, p.531-538, 2011.

COCCI, E.; SACCHETTI, G.; ROCCULI, P.; DALLA ROSA, M. Response of Pink Lady apples to postharvest application of 1-methylcyclopropene as a function of applied dose, maturity at harvest, storage time and controlled atmosphere storage. *Journal of the Science Food and Agriculture*, London, v.94, p.2691-2698, 2014. doi: 10.1002/jsfa.6610.

CHOI, H. S.; JUNG, S. K. Effect of Treatment Time of 1-MCP on Ripening of 'Fuji' Apples Stored at Low and Room Temperature for a Long Period. *Journal of Food and Nutrition Research*, v.2, n.9, p.617-620. 2014

DA TRINDADE, D. C. G.; DE LIMA, M. A. C.; DE ASSIS, J. S. Ação do 1-metilciclopropeno na conservação pós colheita de manga 'Palmer' em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.9, p.753-762. 2015.

HACKBARTH, C.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. D.; STANGER, M. C.; BRACKMANN, A. Postharvest quality of 'Galaxy' apples submitted to the treatment with 1-MCP and different cooling times between harvest and cold storage. *Ciência Rural*, v.47, n.8. 2017.



MAZZURANA, E. R.; ARGENTA, L. C.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A. Potential benefits of temperature increase during storage under controlled atmosphere of 'Gala' apples treated with 1-MCP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.38, n.1, p.43-52, 2016.

MAGRIN, L.; ARGENTA, L.C.; DO AMARANTE, C. V. T.; MIQUELOTO A.; HAWERROTH, M. C.; DE MACEDO C. K B.; DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V. Índices de maturação para o ponto ideal de colheita de maçãs 'SCS425 Luiza' Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.30, n.3, p.55-60. 2017

OHASHI, T. L.; FOUKARAKI, S.; CORRÊA, D. S.; FERREIRA, M. D.; TERRY, L. Influence of 1-methylcyclopropene on the biochemical response and ripening of 'solo'papayas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.38, n.2, p. 1-14, 2016.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; Couto, M.; Francescatto, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n.1, p.48-56. 2011.

POYESH, D. S.; TERADA, N.; SANADA, A.; GEMMA, A.; KOSHIO, K. Effect of 1-MCP on ethylene regulation and quality of tomato cv. Red Ore. *International Journal of Food and Agriculture Research*, v.25, n.3, p 1001-1006, 2017.

REBEAUD, S. G.; GASSER, F. Fruit quality as affected by 1-MCP treatment and DCA storage—a comparison of the two methods. *European Journal of Horticultural Science*, v.80, p.18-24., 2015.

STEFFENS, C. A.; ESPÍNDOLA, B. P.; AMARANTE, C. V. T. D.; SILVEIRA, J. P. G.; CHECHI, R.; BRACKMANN, A. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs Gala. *Ciência Rural*, v.38, n.7, 2008.

SANCHES, A. G.; da SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S; COSTA, J. M.; COSME, S. S. Retardo da maturação em cajaranas (*Spondias cytherea*) tratadas com 1-MCP. *Nativa*, Sinop, v.5, n.4, p.244-249, 2017.

SCOLARO, A. M. T.; ARGENTA, L. C.; do AMARANTE, C. V. T.; PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J. (2015). Controle da maturação pré-colheita de maçãs Royal Gala pela inibição da ação ou síntese do etileno. *Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

SILVA, G. M. C.; SILVA, M.; Biazatti, M. A.; SANTOS, C.; SILVA, N.; Mizobutsi, G. P. Uso do 1-MCP e atmosfera modificada na pós-colheita de atemóia "Gefner". *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife-PE, v.11, n.2, p.67-72, 2016.

VIEIRA, M. J.; ARGENTA, L. C.; DO AMARANTE, C. V. T.; VIEIRA, A. M. F. D.; STEFFENS, C. A. Qualidade pós-colheita de quivi Hayward tratado com 1-mcp e armazenado sob diferentes atmosferas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.34, n.2, p.400-408, 2010.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F. Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.69, p.24-31, 2012.

WEI, J.; MA, F.; SHI, S.; QI, X.; ZHU, X.; YUAN, J. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 56, n.2, p.147-154, 2010.