

Interação 1-MCP e dano mecânico na qualidade de maçãs 'Royal Gala' armazenadas

Marcos Vinicius Hendges¹, Cristiano André Steffens¹, Cassandro Vidal Talamini do Amarante¹,
Lucimara Rogéria Antonioli², Auri Brackmann³

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro Agroveterinário, Av Luiz de Camões, Prédio da Agronomia, Ala da Biotecnologia, Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages-SC, Brasil. E-mail: marcos_hendges@hotmail.com; steffens@cav.udesc.br; amarante@cav.udesc.br

² Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento, 515, CEP 95700-000, Bento Gonçalves-RS, Brasil. Caixa Postal 130. E-mail: lucimara@cnpv.embrapa.br

³ Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Fitotecnia, Av. Roraima, 1000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil. E-mail: brackman@ccr.ufsm.br

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de duas intensidades de dano mecânico por impacto, da aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP; 625 nL L⁻¹) e da interação entre dano mecânico e o uso do 1-MCP sobre a qualidade de maçãs 'Royal Gala' armazenadas sob refrigeração. Os tratamentos avaliados foram: controle (sem dano e sem 1-MCP), dano mecânico (10 cm), dano mecânico (30 cm), sem dano com aplicação de 1-MCP, aplicação de 1-MCP seguido de dano mecânico (10 cm), dano mecânico (10 cm) seguido de aplicação de 1-MCP, aplicação de 1-MCP seguido de dano mecânico (30 cm), e dano mecânico (30 cm) seguido de aplicação de 1-MCP. Os frutos foram armazenados por dois e quatro meses em ambiente refrigerado (0 ± 0,1 °C/94 ± 2% UR) seguidos por sete dias em condição ambiente (20 ± 2 °C/60 ± 5% UR). O dano mecânico provocou escurecimento da polpa no local danificado. Quanto maior a intensidade do dano mecânico maiores são os efeitos sobre o escurecimento dos tecidos. O 1-MCP não reduz a intensidade de escurecimento de polpa em frutos submetidos a dano mecânico, porém contribui para manutenção da firmeza de polpa e acidez titulável de maçãs 'Royal Gala'.

Palavras-chave: Amadurecimento, injúria, *Malus domestica*, pós-colheita

Interaction between mechanical damage and 1-MCP on the quality of 'Royal Gala' apples stored

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of two intensities of impact damage, the application of 1-methylcyclopropene (1-MCP; 625 nL L⁻¹) and the interaction between mechanical damage and the use of 1-MCP on the quality of Royal Gala apples stored under refrigeration. The treatments were: control (without damage and without 1-MCP), mechanical damage (10 cm), mechanical damage (30 cm), without damage with application of 1-MCP, application of 1-MCP followed by mechanical damage (10 cm), mechanical damage (10 cm) followed by treatment with 1-MCP, treatment with 1-MCP followed by mechanical damage (30 cm), and mechanical damage (30 cm) followed by treatment with 1-MCP. The fruits were stored for two and four months under refrigeration (0 ± 0.1 ± 2 °C/94% RH) followed by seven days at ambient temperature (20 ± 2 °C/60 ± 5% RH). The mechanical damage caused browning in the pulp. The increasing of the mechanical damage intensity causes a greater effect on the darkening of the pulp. The 1-MCP did not reduce the intensity of browning in fruits subjected to mechanical damage, but contributes to the maintenance of flesh firmness and titratable acidity of apples Royal Gala.

Key words: Ripening, injury, *Malus domestica*, postharvest

Introdução

Os danos mecânicos são responsáveis pela deterioração de frutos e hortaliças e ocorrem principalmente durante a fase pós-colheita, sendo estimadas perdas entre 30 e 40% decorrente desses danos (Barchi et al., 2002). Trabalhos de pesquisas têm demonstrado que, dependendo da intensidade, os danos mecânicos podem causar escurecimento da polpa (Hendges et al., 2011), aumento nas taxas respiratória e de produção de etileno (Mattiuz & Durigan, 2001), além de acelerar a taxa de perda de massa fresca (Godoy et al., 2010).

Pang et al. (1996), trabalhando em linhas de beneficiamento de maçãs, verificaram 93% de incidência de deformação da casca e/ou escurecimento da polpa em 'Gala' devido ao dano mecânico. Ragni & Berardinelli (2001) observaram que impactos gerados no momento do descarregamento das maçãs na linha de beneficiamento podem provocar escurecimento da polpa com profundidade e diâmetro de 5 e 15 mm, respectivamente, que não pode ser eliminado com a remoção da casca.

O escurecimento da polpa no local da lesão é uma das principais causas de perdas de qualidade em maçãs, podendo alcançar níveis acima de 50% (Lewis et al., 2008). Todavia, além do prejuízo visual gerado pelo dano mecânico, a maior produção de etileno, causada pelo estresse do dano mecânico, pode acelerar as respostas fisiológicas ligadas ao amadurecimento (Steffens et al., 2008). Segundo Morreti (2007), o aumento da produção de etileno está diretamente relacionado à intensidade do estresse mecânico sofrido pelo fruto.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP), por ser um inibidor da ação do etileno, que atua ligando-se irreversivelmente ao sítio de ligação do receptor do etileno (De Martino et al., 2006), pode ser uma ferramenta para minimizar os efeitos do dano mecânico. Steffens et al. (2008), trabalhando com a aplicação do dano mecânico e de 1-MCP após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada, observaram, em maçãs 'Gala', redução no escurecimento da região lesionada, como resultado da aplicação de 1-MCP após a ocorrência do dano mecânico. Segundo esses autores, o dano mecânico pode induzir a formação de novos receptores de etileno, e o tratamento com 1-MCP após o dano mecânico impede que o etileno se ligue a esses novos sítios.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de duas intensidades de dano mecânico por impacto, da aplicação do 1-MCP e da interação entre dano mecânico e o uso do 1-MCP sobre a qualidade de maçãs 'Royal Gala' armazenadas sob refrigeração.

Material e Métodos

Maçãs 'Royal Gala' foram colhidas em pomar comercial no município de Vacaria - RS, na safra de 2007-08. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em bandejas e transportados até o laboratório, onde os tratamentos foram aplicados.

O dano por impacto foi realizado na porção equatorial e na face colorida dos frutos por meio da queda livre dos mesmos

a partir de alturas de 10 cm e 30 cm sobre uma superfície metálica indeformável. Para isso, utilizou-se um equipamento de sucção, semelhante ao utilizado por Magalhães et al. (2007), composto por uma bomba de vácuo (marca Fisatom, potência de 300 Watts) conectada, através de uma tubulação de silicone, à uma tampa recortada de dessecador fixa à uma haste de 1,20 m de altura. No orifício da tampa foi conectado um tubo de PVC de 40 mm, contendo uma ventosa que permite a aderência do fruto por sucção. A base do equipamento consiste em uma chapa de ferro.

Antes da aplicação do dano, os frutos foram pesados individualmente e separados por calibre, sendo regulada a altura de queda para cada calibre. Após regulagem da altura de queda, a bomba foi ligada gerando vácuo, e desse modo, mantendo os frutos suspensos, presos à ventosa. Com o desligamento da bomba, na ausência de vácuo, ocorreu a queda livre do fruto. Na base do equipamento foi colocado pó de giz, permitindo que a cada queda, o fruto fosse marcado na região do impacto e essa posteriormente circundada com caneta para identificação do local da lesão.

O 1-MCP foi aplicado antes e após a ocorrência do dano, na dose de 625 nL L⁻¹. Para o tratamento com 1-MCP foi utilizado o produto SmartFresh® (0,14% de 1-MCP na formulação pó), na relação de 0,16 g de produto comercial por m³ de câmara. O produto foi solubilizado em água, em condição ambiente, em um recipiente hermético e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de Petri, colocada no interior de uma minicâmara com volume de 0,45 m³, com fechamento hermético. Os frutos ficaram expostos ao tratamento por 24 horas.

Os tratamentos, compostos por quatro repetições e unidade experimental de cinco frutos foram: controle (sem dano e sem 1-MCP), dano mecânico (10 cm), dano mecânico (30 cm), sem dano e com aplicação de 1-MCP, aplicação de 1-MCP seguido de dano mecânico (10 cm), dano mecânico (10 cm) seguido de aplicação de 1-MCP, aplicação de 1-MCP seguido de dano mecânico (30 cm) e dano mecânico (30 cm) seguido de aplicação de 1-MCP.

Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram armazenados sob a temperatura de 0±0,1°C e umidade relativa (UR) de 94±2%, durante dois e quatro meses, mais sete dias de exposição à condição ambiente (20±2°C/60±5% UR). Os frutos foram avaliados quanto aos seguintes atributos de qualidade: firmeza de polpa, teores de acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS), escurecimento da epiderme e da polpa (índice de cor L) e área e profundidade de escurecimento na região lesionada.

Para avaliação da firmeza de polpa (N) removeu-se uma porção da epiderme e, com auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro, fez-se a medição na região equatorial dos frutos, entre a região danificada e a região oposta ao dano.

Os valores de AT (meq de ácido málico 100 mL⁻¹) foram obtidos por meio de uma amostra de 10 mL de suco dos frutos, previamente extraída de fatias transversais retiradas da região equatorial das maçãs e triturada em uma centrífuga elétrica. Essa amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1.

Os teores de SS ($^{\circ}$ Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se o suco, conforme descrito para a AT, sendo realizada a correção do efeito da temperatura (20°C).

A determinação do índice de cor L, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400, sendo as leituras realizadas no local do dano (epiderme e polpa). Para as medidas da área de tecido escurecido no local danificado, retirou-se a epiderme e, com auxílio de um paquímetro digital, fez-se a medição dos lados transversal e longitudinal do dano, em formato de elipse. A área foi obtida por meio da fórmula da área da elipse ($A = \pi ab$, onde "a" e "b" correspondem à metade da medida transversal e da longitudinal, respectivamente). Para medida da profundidade de escurecimento foi retirada amostra da polpa com um furador de rolas, sendo mensurada a distância do escurecimento a partir da superfície da epiderme.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado sendo os dados submetidos à análise da variância (ANOVA). Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Na colheita, os frutos apresentaram firmeza de polpa de 79,97 N, AT de 5,3 meq de ácido málico 100 mL^{-1} , teor de SS de $11,5^{\circ}$ Brix e valor L de 41,96 para a epiderme e 83,13 para a polpa.

O dano mecânico não interferiu nos valores de firmeza de polpa após dois e quatro meses de armazenamento refrigerado nas avaliações feitas na remoção da câmara e após sete dias de manutenção em condição ambiente, tanto nos frutos não tratados como nos frutos tratados com 1-MCP (Tabela 1).

Hendges et al. (2011), em maçãs 'Royal Gala', e Steffens et al. (2008), em maçãs 'Gala', também não verificaram efeito do dano mecânico na firmeza de polpa das maçãs. Contudo, o dano por impacto provocou maior perda de firmeza de polpa em mamões 'golden' (Godoy et al., 2010). A diferença entre os resultados obtidos por diferentes autores possivelmente deve-se às intensidades de dano testadas e/ou à diferença de sensibilidade ao dano mecânico entre as variedades. Mattiuz & Durigan (2001) citaram que alguns frutos podem ser mais sensíveis que outros ao dano mecânico, devido às suas características físicas, como tamanho, peso e grau de hidratação celular.

Após dois meses de armazenamento refrigerado seguido por sete dias em condição ambiente, frutos do tratamento aplicação de 1-MCP seguido de dano mecânico (10 cm) apresentaram firmeza de polpa maior que frutos do tratamento controle (Tabela 1).

Aos quatro meses de armazenamento mais sete dias em condição ambiente, observou-se maior valor de firmeza de polpa em frutos tratados com 1-MCP e 1-MCP seguido de dano mecânico (10 cm) comparado a frutos não tratados com 1-MCP (Tabela 1). O efeito do 1-MCP na manutenção da firmeza de polpa de maçãs tem sido relatado em diversos trabalhos (Lu et al., 2013; Nock et al., 2013).

Houve redução na firmeza de polpa com o tempo de armazenamento apenas em frutos não tratados com 1-MCP,

Tabela 1. Firmeza de polpa e acidez titulável de maçãs 'Royal Gala', submetidas ao dano mecânico (queda livre a partir das alturas de 10 e 30 cm) e aplicação de 1-MCP (625 nL L^{-1} antes e após a ocorrência do dano), com posterior armazenamento por dois e quatro meses sob refrigeração ($0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ / $94 \pm 2\%$ UR), seguidos de sete dias em condição ambiente ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ / $60 \pm 5\%$ de UR)

Tratamentos	Saída da câmara			Condição ambiente		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
Firmeza de polpa (N)						
Controle	65,72Aa	55,26Bb	60,49	60,00Ab	45,89 Bc	52,95
Dano (10 cm)	66,41Aa	56,83Bb	61,62	64,38Aab	49,35Bbc	56,87
Dano (30 cm)	64,56Aa	53,63Bb	59,10	64,73Aab	49,39Bbc	57,06
1-MCP	69,71Aa	67,85Aa	68,78	67,40Aab	66,60Aa	67,00
1-MCP + (10 cm)	66,84Aa	67,43Aa	67,53	71,45Aa	70,85Aa	71,15
(10 cm) + 1-MCP	67,53Aa	69,07Aa	68,30	68,09Aab	61,34Aab	64,72
1-MCP + (30 cm)	69,27Aa	66,60Aa	67,93	69,09Aab	63,70Aab	66,39
(30 cm) + 1-MCP	73,19Aa	64,64Aa	68,92	69,31Aab	61,45Aab	65,38
Média	67,90	62,66		66,81	58,57	
CV (%)	5,69	3,90		5,02	8,85	
Acidez titulável (meq 100 mL^{-1})						
Controle	4,23	3,11	3,67a	4,12	2,75	3,43b
Dano (10 cm)	3,74	3,23	3,48a	3,96	2,93	3,45b
Dano (30 cm)	3,78	3,23	3,50a	3,81	2,98	3,39b
1-MCP	4,07	3,25	3,66a	4,54	3,91	4,22a
1-MCP + (10 cm)	4,38	3,83	4,10a	4,84	3,55	4,19a
(10 cm) + 1-MCP	4,05	3,43	3,74a	4,06	3,39	3,72ab
1-MCP + (30 cm)	3,78	3,94	3,86a	4,40	3,43	3,91ab
(30 cm) + 1-MCP	4,30	3,42	3,86a	4,01	2,96	3,48b
Média	4,22A	3,19B		4,04A	3,43B	
CV (%)		9,16			7,77	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula entre colunas e minúscula entre linhas, diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

independente da aplicação ou não do dano mecânico, tanto na saída da câmara como após sete dias em condição ambiente (Tabela 1). O que se observa é que não há efeito significativo do dano, nas intensidades testadas, que causem a aceleração no metabolismo e/ou amadurecimento dos frutos que desencadeiem reações ligadas ao amolecimento dos tecidos. Em tecidos de frutos imaturos há predominância de protopectina insolúvel, formada a partir da ligação de grupos carboxílicos com o cálcio (Vieites et al., 2007), sendo que com o amadurecimento ocorre liberação de cálcio e a solubilização da protopectina da parede celular, ocorrendo modificação na textura, que se torna gradualmente macia (Chitarra & Chitarra, 2005). Esse resultado dos frutos tratados com 1-MCP, possivelmente está associado com a redução nas reações do amadurecimento guiadas pelo etileno, retardando a solubilização da protopectina.

Não se verificou efeito do dano mecânico sobre a AT durante o armazenamento refrigerado (Tabela 1). Hendges et al. (2014) e Bassan et al. (2013) não verificaram efeito do dano mecânico no teor de AT. Em condição ambiente, observou-se maior acidez titulável nos frutos dos tratamentos 1-MCP e 1-MCP seguido de dano mecânico (10 cm), comparado aos frutos do controle, aos danificados e sem tratamento com 1-MCP, e aos tratados com 1-MCP após o dano de 30 cm. Steffens et al. (2008) verificaram, ao nono dia em condição ambiente, os maiores valores de AT em frutos de maçãs 'Gala' danificados e tratados com 1-MCP comparado a frutos danificados e sem tratamento com 1-MCP.

Quanto aos teores de SS, na saída da câmara, não foram observados efeitos do dano mecânico, independente da intensidade, e da aplicação do 1-MCP em relação ao tratamento controle. Após sete dias de exposição dos frutos em

condições ambiente, não foram observadas diferenças entre os tratamentos avaliados para essa variável. Brackmann et al. (2004) não verificaram influência do tratamento com 1-MCP no teor de SS em maçãs 'Gala', já Mattiuz & Durigan (2001), De Martino et al. (2006) e Sanches et al. (2008) não observaram efeito do dano mecânico em goiabas, damascos e abacates, respectivamente. Steffens et al (2008), trabalhando com dano mecânico por impacto e 1-MCP, não verificaram diferença de ambos tratamentos para os teores de SS em maçãs 'Gala'. Esses resultados evidenciam que o dano, nos níveis aplicados, não altera o metabolismo dos frutos a ponto de aumentar o seu consumo de reservas para sua manutenção.

Não foi observado interação entre tratamentos e período de armazenamento na acidez titulável e nos sólidos solúveis, contudo o aumento do tempo de armazenamento refrigerado de dois para quatro meses causou redução em ambos valores (Tabela 1 e 2). Essa redução é um comportamento considerado normal, pois o teor de ácidos orgânicos reduz em função da sua utilização como substrato para respiração durante o amadurecimento dos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para os valores de L na epiderme do local danificado (dados não apresentados). Lewis et al. (2008) também não observaram alteração da cor da epiderme. Todavia, Steffens et al. (2008) observaram redução significativa do valor de L na epiderme do local danificado. Talvez as diferenças observadas entre os resultados obtidos por Steffens et al. (2008) e os obtidos no presente trabalho e por Lewis et al. (2008) sejam explicadas pelo fato de que no primeiro trabalho o dano mecânico foi realizado após oito meses de armazenamento, quando os frutos já apresentaram certa redução da firmeza de polpa, que pode ter causado maior rompimento das células da polpa decorrente de uma deformação mais intensa da polpa durante o impacto.

Com relação à cor da polpa no local danificado, todos os tratamentos com frutos danificados demonstraram escurecimento da polpa, independente da aplicação ou não de 1-MCP, em ambos os períodos de armazenamento e momentos de avaliação (saída da câmara e após sete dias em condição ambiente) (Tabela 2).

Na saída da câmara, frutos do tratamento dano de 30 cm seguido da aplicação de 1-MCP apresentaram menor valor de L, diferindo significativamente dos frutos não danificados, tratados ou não com 1-MCP, e dos frutos tratados com 1-MCP seguido de dano mecânico (10 cm).

Steffens et al. (2008) e Hendges et al. (2011) observaram escurecimento da região lesionada em maçãs danificadas por impacto decorrente da queda de 20 cm de altura. Todavia, Steffens et al. (2008) identificaram, após cinco dias em condição ambiente, menor escurecimento da polpa de maçãs 'Gala' tratadas com 1-MCP após o dano. Esse comportamento, porém, não foi observado após nove dias de exposição dos frutos em condição ambiente, semelhante ao verificado no presente trabalho. Alves et al. (2010) não verificaram efeito da aplicação de 1-MCP antes da ocorrência do dano por queda de 120 cm no escurecimento de polpa de quivis e Hendges et al. (2011) não identificaram efeito do 1-MCP aplicado após o dano por queda de 20 cm de altura em maçãs 'Royal Gala' armazenadas em atmosfera controlada e refrigerada.

Tabela 2. Sólidos solúveis e cor de polpa (L) no local danificado de maçãs 'Royal Gala', submetidas ao dano mecânico (queda livre a partir das alturas de 10 e 30 cm) e aplicação de 1-MCP (625 nL L⁻¹ antes e após a ocorrência do dano), com posterior armazenamento por dois e quatro meses sob refrigeração (0±0,1 °C/ 94±2% UR), seguidos de sete dias em condição ambiente (20 ± 2°C / 60 ± 5% de UR)

Tratamentos	Saída da câmara			Condição ambiente		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
Sólidos Solúveis (Brix)						
Controle	12,00	11,46	11,73abc	11,93	10,73	11,33a
Dano (10 cm)	11,33	10,86	11,10bc	10,46	10,86	10,67a
Dano (30 cm)	11,30	10,73	11,01c	11,10	10,20	10,65a
1-MCP	11,60	11,46	11,53abc	12,36	10,80	11,58a
1-MCP + (10 cm)	11,76	11,80	11,78abc	10,96	11,20	11,08a
(10 cm) + 1-MCP	11,83	11,00	11,41abc	10,96	10,36	10,67a
1-MCP + (30 cm)	11,80	12,00	11,90ab	11,20	10,80	11,00a
(30 cm) + 1-MCP	12,06	11,93	12,00a	11,16	10,00	10,58a
Média	11,71A	11,41B		11,27A	10,62B	
CV (%)	4,03			5,75		
Cor de polpa (L) no local danificado						
Controle	80,56	81,68	81,12a	79,31	82,51	80,91a
Dano (10 cm)	75,63	74,96	75,29bc	73,15	76,87	74,50b
Dano (30 cm)	72,28	72,80	73,26bc	74,49	77,06	75,78b
1-MCP	90,33	81,18	80,75a	78,59	81,56	80,07a
1-MCP + (10 cm)	75,38	76,82	76,10b	71,71	76,31	75,02b
(10 cm) + 1-MCP	73,36	75,82	74,59bc	72,91	76,08	74,02b
1-MCP + (30 cm)	74,03	74,04	74,04bc	70,58	74,74	72,67b
(30 cm) + 1-MCP	72,67	73,86	72,54c	71,04	73,49	72,27b
Média	75,53A	76,39A		73,98B	77,33A	
CV (%)	2,28			2,49		

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula entre colunas e minúscula entre linhas, diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De maneira geral, observou-se o maior valor de área escurecida e maior profundidade de escurecimento no local danificado nos frutos dos tratamentos com queda de 30 cm, em ambos os períodos de armazenamento e momentos de avaliação, independente da aplicação ou não de 1-MCP (Tabela 3).

Tabela 3. Área e profundidade do dano de maçãs 'Royal Gala', submetidas ao dano mecânico (queda livre a partir das alturas de 10 e 30 cm) e aplicação de 1-MCP (625 nL L⁻¹ antes e após a ocorrência do dano), e armazenadas por dois e quatro meses sob refrigeração (0±0,1 °C/ 94±2% UR), seguidos de sete dias em condição ambiente (20 ± 2°C / 60 ± 5% de UR)

Tratamentos	Saída da câmara			Condição ambiente		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
Sólidos Solúveis (Brix)						
Controle	0,00	0,00	0,00c	0,00	0,00	0,00c
Dano (10 cm)	2,52	3,65	3,08ab	2,23	2,39	2,19b
Dano (30 cm)	4,23	3,39	3,81a	4,22	4,10	4,16a
1-MCP	0,00	0,00	0,00c	0,00	0,00	0,00c
1-MCP + (10 cm)	2,44	1,91	2,18b	2,06	2,21	2,31b
(10 cm) + 1-MCP	2,49	2,18	2,34b	2,08	2,39	2,14b
1-MCP + (30 cm)	4,28	4,06	4,17a	3,97	4,05	4,01a
(30 cm) + 1-MCP	3,89	3,92	3,91a	4,00	3,80	3,90a
Média	2,48A	2,39A		2,31A	2,37A	
CV (%)	27,01			12,75		
Cor de polpa (L) no local danificado						
Controle	0,00Ac	0,00Ac	0,00	0,00	0,00	0,00d
Dano (10 cm)	2,44Ab	3,26Ab	2,82	2,43	3,05	2,73c
Dano (30 cm)	5,53Aa	4,73Ba	5,13	5,35	5,30	5,32ab
1-MCP	0,00Ac	0,00Ac	0,00	0,00	0,00	0,00d
1-MCP + (10 cm)	2,73Ab	3,19Ab	2,72	2,44	2,55	2,50c
(10 cm) + 1-MCP	2,99Ab	2,70Ab	3,13	2,22	2,81	2,51c
1-MCP + (30 cm)	6,43Aa	5,36Aa	5,89	4,93	4,71	4,82b
(30 cm) + 1-MCP	5,26Aa	5,48Aa	5,37	5,65	5,25	5,45a
Média	3,17	3,09		2,88A	2,96A	
CV (%)	16,29			11,16		

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula entre colunas e minúscula entre linhas, diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O escurecimento está relacionado ao dano à membrana celular, que, dependendo da intensidade, torna-se incapaz de compartimentalizar o conteúdo celular, ocorrendo o contato de enzimas oxidativas com os compostos fenólicos do vacúolo, resultando em reações de escurecimento (Lewis et al., 2008).

A área e a profundidade de escurecimento da polpa no local danificado não apresentaram alterações substanciais com o avanço no tempo de armazenamento (Tabela 3).

Todavia, o escurecimento da polpa causado pelo dano mecânico, independente da intensidade, reduziu com o aumento do tempo de armazenamento na avaliação realizada após os sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente. Toivonen & Brummell (2008) citam que tecidos vegetais apresentam aumento na biossíntese de lignina em resposta ao estresse causado pelo dano mecânico. O clareamento do tecido lesionado, identificado pelo incremento no valor de L da polpa aos quatro meses de armazenamento, comparativamente aos valores observados aos dois meses de armazenamento, sugere que os compostos responsáveis pelo escurecimento são metabolizados com o decorrer do tempo após a ocorrência do dano mecânico, ou ocorre devido à desidratação de células superficiais danificadas (Avena-Bustillos et al., 1994) e síntese de lignina (Boun & Huxsoll, 1991).

Conclusões

O dano mecânico provoca escurecimento da polpa no local da lesão, e quanto maior a intensidade do dano mecânico, maiores os efeitos sobre o escurecimento dos tecidos da polpa.

O 1-MCP não reduz a intensidade de escurecimento de polpa em frutos submetidos a dano mecânico, porém contribui para manutenção da firmeza de polpa e acidez titulável de maçãs 'Royal Gala', tanto em frutos danificados como não danificados.

De maneira geral, o dano mecânico por impacto não apresenta interferência sobre o efeito do 1-MCP na manutenção da firmeza de polpa e da acidez dos frutos.

Literatura Citada

- Alves, E. D. O.; Steffens, C. A.; DO Amarante, C. V. T.; Hendges, M. V.; Zanardi, O. Z.; Miqueloto, A.; Brackmann, A. Amadurecimento de kiwis 'Bruno' submetidos ao dano mecânico de impacto e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. *Bragantia*, v.69, n.3, p.753-758, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300029>>.
- Avena-Bustillos, R. J.; Cisneros-Zevallos, L. A.; Krochta, J. M.; Saltveit, M. E. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots. *Postharvest Biology and Technology*, v.4, n.4, p.319-329, 1994. <[http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214\(94\)90043-4](http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214(94)90043-4)>.
- Barchi, G. L.; Berardinelli, A.; Guarnieri, A.; Ragni, L.; Totaro Fila, C. Damage to loquats by vibration-simulating intrastate transport. *Biosystems Engineering*, v.82, n.3, p.305-312, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1006/bioe.2002.0067>>.
- Bassan, M. M.; Mourão Filho, F. D. A. A.; Caron, V. C.; Couto, H. T. Z. D.; Jacomino, A. P. The harvesting system affects the quality and conservation of the 'Tahiti' acid lime. *Scientia Horticulturae*, v.155, p.72-77, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.03.008>>.
- Boun, H. R.; Huxsoll, C. C. Control of minimally processed carrot (*Dacus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *Journal of Food Science*, v.56, n.2, p.416-418, 1991. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb05293.x>>.
- Brackmann, A.; Sestari, I.; Steffens, C. A.; Giehl, R. F. H. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. *Ciência Rural*, v.34, n.5, p.1415-1420, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000500014>>.
- Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças - fisiologia e manuseio. 2.ed. Lavras: EDUEFLA, 2005. 875p.
- De Martino, G.; Vizovitis, K.; Botondi, R.; Bellincontro, A.; Mencarelli, F. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. *Postharvest Biology and Technology*, v.39, n.1, p.38-47, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.002>>.
- Godoy, A. E. D.; Jacomino, A. P.; Cerqueira-Pereira, E. C.; Gutierrez, A. D. S. D.; Vieira, C.E.M.; Forato, L. A. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões 'golden'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n.3, p.682-691, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000086>>.
- Hendges, M. V.; Steffens, C. A.; Antonioli, L. R.; Amarante, C. V. T. do; Brackmann, A. Qualidade de maçãs 'Royal Gala' submetidas ao dano mecânico por impacto e aplicação de 1-metilciclopropeno em dois sistemas comerciais de armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, n.2, p.32-39, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011005000049>>.
- Hendges, M. V.; Steffens, C. A.; Amarante, C. V. T. do; Tanaka, H. Qualidade e amadurecimento de ameixas 'Laetitia' submetidas ao dano mecânico por impacto e compressão. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.13, n.1, p.80-83, 2014. <<http://periodicos.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5173/3363>>. 15. Out. 2014.
- Lewis, R.; Yoxall, A.; Marshall, M.B.; Canty, L. A. Characterising pressure and bruising in apple fruit. *Wear*, v.264, n.1-2, p.37-46, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2007.01.038>>.
- Lu, X.; Nock, J. F.; Ma, Y.; Liu, X.; Watkins, C. B. Effects of repeated 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on ripening and superficial scald of 'Cortland' and 'Delicious' apples. *Postharvest Biology and Technology*, v.78, p.48-54, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.12.007>>.
- Magalhães, A. D.; Ferreira, M. D.; Braunbeck, O. A.; Estevom, M. V. R. Superfícies protetoras na diminuição de danos mecânicos em tomate de mesa. *Ciência Rural*, v.37, n.3, p.878-881, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000300044>>.

- Mattiuz, B. H.; Durigan, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, p.282-287, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452001000200016>>.
- Moretti, C. L. *Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 531p.
- Nock, J. F.; Watkins, C. B. Repeated treatment of apple fruit with 1-methylcyclopropene (1-MCP) prior to controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, v.79, p.73-79, 2013. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.01.002>>.
- Pang, D. W.; Studman, C. J.; Banks, N. H.; Baas P. H. Rapid assessment of the susceptibility of apples to bruising. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.64, n.1, p.37-48, 1996. <<http://dx.doi.org/10.1006/jaer.1996.0044>>.
- Ragni, L.; Berardinelli, A. Mechanical Behaviour of Apples, and Damage during Sorting and Packaging. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.78, p.273-279, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1006/jaer.1996.0044>>.
- Sanches, J.; Durigan, J. F.; Durigan, M. F. Aplicação de danos mecânicos em abacates e seus efeitos na qualidade dos frutos. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.1, p.164-175, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000100017>>.
- Steffens, C. A.; Espindola, B. P.; Amarante, C. V. T. do; Silveira, J. P. G.; Chechi, R.; Brackmann, A. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs 'Gala' submetidas ao dano mecânico e tratadas com 1-metilciclopropeno. *Ciência Rural*, v.38, n.7, p.1864-1870, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000700010>>.
- Toivonen, P. M. A.; Brummell, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, v.48, n.1, p.1-14, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.004>>.
- Vieites, R. L.; Evangelista, R. M.; Lima, L. C.; Moraes, M. R.; Neves, L. C. Qualidade do melão 'Orange Flesh' minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. *Semina. Ciências Agrárias*, v.28, n.3, p.409-416, 2007. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n3p409>>.