

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

MARCOS VINICIUS HENDGES

AMADURECIMENTO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS
‘ROYAL GALA’ E ‘FUJI SUPREMA’ SUBMETIDAS AO DANO
MECÂNICO

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Cristiano Andre Steffens
Co-orientador(a): Dra. Lucimara Rogéria Antonioli
Co-orientador: Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante

LAGES – SC

2009

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Marcos Vinicius Hendges

Amadurecimento e qualidade pós-colheita de maçãs
'Royal Gala' e 'Fuji Suprema' submetidas ao dano
mecânico / Marcos Vinicius Hendges – Lages, 2009.
54 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.

1.Maçã.2.Dano mecânico. 3.Pós-colheita. 4. Etileno. 5.
Armazenamento I.Título.

CDD – 634.11

MARCOS VINICIUS HENDGES

**AMADURECIMENTO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS
'ROYAL GALA' E 'FUJI SUPREMA' SUBMETIDAS AO DANO
MECÂNICO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cristiano André Steffens
Orientador - UDESC/Lages - SC

Dr. Paulo Cezar Cassol
Coordenador do Programa de Pós-
graduação em Ciências Agrárias

Pesquisadora Dra. Lucimara Rogéria Antonioli
EMBRAPA Uva e Vinho/Bento Gonçalves

Dr. Jefferson Meirelles Coimbra
Coordenador Técnico da Produção
Vegetal

Prof. Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do
Amarante - UDESC/Lages - SC

Adil Knackfuss Vaz
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias

Lages – SC, 07/08/2009

A minha mãe pelo apoio, por viver, acreditar e incentivar meus sonhos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, em especial
a:

Cristiano André Steffens e Lucimara Antonioli pela orientação, confiança e amizade.

Ao professor Cassandro V. T. do Amarante por sua contribuição neste trabalho.

Ao professor Auri Brackmann por disponibilizar a infra-estrutura do seu laboratório.

Aos bolsistas, estagiários e voluntários do laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Uva e Vinho, e do laboratório de Pesquisa em Fisiologia Vegetal e Pós-colheita da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), os quais contribuíram de forma significativa na realização dos experimentos.

Ao projeto INOVAMAÇÃ, Embrapa Uva e Vinho e CAV/UDESC.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do dano mecânico sobre o amadurecimento e qualidade de maçãs das cultivares Royal Gala, em dois sistemas comerciais de armazenamento, tratados ou não com 1-MCP, e Fuji Suprema armazenada em temperatura ambiente. Foram realizados três experimentos independentes. No primeiro, com a cultivar Royal Gala, avaliaram-se os seguintes tratamentos: dano mecânico (sem e com dano por impacto através da queda livre dos frutos a altura de 20 cm) combinado com a aplicação de 1-MCP (0 e 625nL L⁻¹). Os frutos foram armazenados durante quatro meses em armazenamento refrigerado (AR; 0°C±1°C e 92±2% de UR) e durante oito meses em atmosfera controlada (AC; 1,2kPa de O₂ + 2,0kPa de CO₂; 0°C±0,1°C e 96±2% de UR). No segundo experimento, também com a cultivar Royal Gala, aplicou-se os danos em duas intensidades (queda livre a uma altura de 10 cm e 20 cm), sendo os frutos tratados ou não com 1-metilciclopropeno (625nL L⁻¹), antes e após o dano. Os tratamentos avaliados foram: controle (sem dano e sem 1-MCP), 1-MCP, dano mecânico por impacto, 1-MCP + dano mecânico, dano mecânico + 1-MCP, combinados com dois períodos de armazenamento refrigerado (dois e quatro meses) a temperatura de 0±1°C, com (UR) de 92±2%. Nesses dois experimentos o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, contendo três repetições de cinco frutos. O terceiro experimento foi conduzido com a cultivar Fuji Suprema, na qual se aplicou diferentes tipos de dano mecânico. Os tratamentos avaliados foram: controle (sem dano mecânico), dano mecânico por impacto (queda livre de 20 cm), dano mecânico por compressão (10 quilogramas) e dano mecânico por corte (3 mm de largura x 3,5 mm de profundidade e 3,5 cm de comprimento). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo utilizadas quatro repetições. Os frutos foram avaliados quanto à firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis, índice de cor L da epiderme e da polpa para 'Royal Gala', e além destes, ângulo 'hue' da casca e incidência de podridões na cultivar Fuji Suprema. Exetutando-se o dano por compressão, o dano mecânico, nas intensidades avaliadas, provoca escurecimento da polpa no local da lesão, porém não possui efeito sobre a indução do amadurecimento e sobre os demais atributos de qualidade. O 1-MCP contribui para manutenção da firmeza de polpa e da acidez titulável de maçãs 'Royal Gala', porém não reduz os efeitos do dano mecânico sobre o escurecimento da polpa, independente do momento de aplicação. Quanto maior a intensidade do dano mecânico, maior são os efeitos sobre a integridade dos tecidos da polpa. O dano por corte é o tipo de dano mais prejudicial devido à grande incidência de podridões.

Palavras-chave: *Malus domestica*. Injúria. Pós-colheita. Etileno. Armazenamento refrigerado. Atmosfera controlada.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of mechanical damage on the ripening and quality of cultivars Royal Gala apple, in two commercial systems of storage, treated or not with 1-MCP, and Fuji Suprema apple stored at ambient conditions. Three independent experiments were carried. In the first, with 'Royal Gala' apples, were evaluated the following treatments: mechanical damage (with and without impact damage through the free fall of the fruit height of 20 cm) combined with the application of 1-MCP (0, 625 nL L⁻¹). The fruits were stored for four months in cold storage (CS, 0 ° C ± 1 ° C and 92 ± 2% RH) and eight months in controlled atmosphere (CA, 1.2 kPa to 2.0 kPa O₂ + CO₂, 0 ° C ± 1 ° C and 96 ± 2% RH). In the second experiment, also with 'Royal Gala' apples, damage was applied at two intensities (free fall at a height of 10 and 20 cm) and the fruits were treated or not with 1-methylcyclopropene (625nL L⁻¹), before and after the damage. The treatments evaluated were: control (without damage and without 1-MCP), 1-MCP, impact damage, 1-MCP + impact damage, impact damage + 1-MCP, combined with two periods of storage (two and four months) at 0 ± 1 ° C and (RH) of 92 ± 2%. The experimental design was randomized blocks, with three replications of five fruits. The third experiment was conducted with 'Fuji Suprema' apples, which were applied three types of mechanical damage. The treatments were: control (no mechanical damage), mechanical damage by impact (free fall of 20 cm), mechanical damage by compression (10 kilogram) and mechanical damage by cut (3 mm width x 3.5 mm depth and 3.5 cm of length). The experimental design was completely randomized, using four replicates of five fruits. Fruits were evaluated for flesh firmness, titratable acidity, soluble solids content, L color index of the skin and flesh in 'Royal Gala' apples, and besides these, 'hue' angle of the skin and decay incidence in 'Fuji Suprema' apples. Except damage by compression, mechanical damage, in them intensity evaluated, cause flesh browning in the damage place, but do not affect the ripening and other attributes of quality. The 1-MCP contribute to maintenance of flesh firmness and titratable acidity of 'Royal Gala' apples, however it does not reduce the effects of mechanical damage on the flesh browning, independent time of damage application. As larger intensity of mechanical damage, higher the effects on the integrity of flesh tissue. The damage by cut is the more harmful damage due to the higher decay incidence.

Keywords: *Malus domestica*. Injury. Postharvest. Ethylene. Cold storage. Controlled atmosphere.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Firmeza de polpa de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição em condição ambiente.....23
- Tabela 2 - Acidez titulável de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição em condição ambiente.....24
- Tabela 3 - Índice de cor (*L*) da polpa de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição em condição ambiente.....25
- Tabela 4 - Área escurecida no local do dano em maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição em condição ambiente..... 26
- Tabela 5 - Profundidade de escurecimento no local do dano em maçãs 'Royal Gala', armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente.....27
- Tabela 6 - Firmeza de polpa de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada e mais sete dias em condição ambiente..... 33
- Tabela 7 - Acidez titulável de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada e mais sete dias em condição ambiente..... 35

Tabela 8 - Índice de cor (<i>L</i>) da polpa de maçãs ‘Royal Gala’ em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada e mais sete dias em condição ambiente.....	36
Tabela 9 - Área escurecida no local do dano em maçãs ‘Royal Gala’ em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada e mais sete dias em condição ambiente.....	37
Tabela 10 - Profundidade de escurecimento no local do dano em maçãs ‘Royal Gala’ em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada e mais sete dias em condição ambiente..	37
Tabela 11 - Firmeza de polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), e índice de cor <i>L</i> em maçãs ‘Fuji Suprema’ em função do dano mecânico durante quinze dias em condição ambiente.....	46

LISTA DE ABREVIACOES

AC - Atmosfera controlada

ACC - Aminociclopropano-1-carboxílico

AR - Armazenamento refrigerado

AT - Acidez titulável

°BRIX - Graus brix

°C - Graus celsius

CV - Coeficiente de variação

g - grama

h° - Ângulo hue

kg - Quilograma

kPa - Quilo pascal

L - Litro

L – Luminosidade (cor)

m³ - metro cúbico

meq – mili equivalente

mL - mililitro

mm - milímetro

N - Normal (concentração de solução química)

N - Newton (unidade de firmeza de polpa)

NaOH - Hidróxido de sódio

nL - Nanolitro

NPP - Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita

pH - Potencial de hidrogênio

PVC – Cloreto de polivinila

SS - Sólidos solúveis

UR - Umidade relativa

UFMS - Universidade Federal de Santa Maria

UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina

1-MCP - 1-metilciclopropeno

μL – Microlitro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	QUALIDADE DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ SUBMETIDAS AO DANO MECÂNICO POR IMPACTO E APLICAÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO EM DOIS SISTEMAS COMERCIAIS DE ARMAZENAMENTO.....	17
2.1	RESUMO.....	17
2.1.1	ABSTRACT.....	18
2.2	INTRODUÇÃO.....	18
2.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
2.5	CONCLUSÃO.....	27
3	QUALIDADE DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ SUBMETIDAS AO DANO MECÂNICO POR IMPACTO E TRATADAS COM 1-METILCICLOPROPENO ANTES E APÓS O DANO.....	28
3.1	RESUMO.....	28
3.1.1	ABSTRACT.....	28
3.2	INTRODUÇÃO.....	29
3.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.5	CONCLUSÃO.....	39
4	AMADURECIMENTO E QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI SUPREMA’ SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE DANO MECÂNICO.....	40
4.1	RESUMO.....	40

4.1.1	ABSTRACT.....	41
4.2	INTRODUÇÃO.....	41
4.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.5	CONCLUSÃO.....	47
5	CONCLUSÕES GERAIS.....	48
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A produção de maçãs no Brasil tem aumentado significativamente nas últimas décadas, permitindo a transformação do País de importador para exportador (PEREZ, 2006). O cultivo da maçã está instalado na região Sul do Brasil, envolvendo os três estados, os quais possuem clima propício para a implantação desta cultura. Atualmente, as cultivares mais plantadas são Gala, Fuji e suas mutantes, com colheita nos meses de fevereiro a março e de março a maio, respectivamente.

A maçã possui vida pós-colheita longa comparativamente a outras espécies de frutos, dependendo da cultivar e do sistema de armazenamento, pode ser armazenada por até nove meses (STEFFENS et al., 2008). Apesar do grande potencial de armazenamento, seu comportamento fisiológico pode ser alterado devido aos danos mecânicos que ocorrem principalmente durante o processo de colheita, transporte e classificação.

Os danos mecânicos podem ser classificados basicamente em danos por compressão, por impacto e corte, sendo os principais responsáveis pela perda de qualidade de maçãs, pepinos, batatas e tomates (MORRETTI & SARGENT, 2000), e aceleração no amadurecimento de quivis, peras e pêssegos (MENCARELLI et al., 1996; AGAR & MITCHAM, 2000; KASAT et al., 2007)

Apesar de um aparente consenso da literatura na área de fisiologia pós-colheita sobre o efeito dos danos mecânicos na indução do amadurecimento (KLUGE et al., 1996; BRAGA, 2004; MAIA, 2005; ALVES et al., 2007b) e na perda da qualidade dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005; HENZ et al., 2005; DURIGAN & MATTIUZ, 2007b), nem sempre este fato é observado. Santos et al. (2008) e Schwarz et al. (2008) não verificaram perda de qualidade em caquis e pêssegos submetidos ao dano mecânico. Kasat et al. (2007), Durigan & Mattiuz (2007a) e Sanches et al. (2008) não identificaram efeito do dano mecânico sobre o teor de sólidos solúveis em pêssegos, abobrinha e abacates. Quintana & Paull (1993), De Martino et al. (2006) e Steffens et al. (2008) não observaram diferença entre frutos

danificados e não danificados quanto a atividade respiratória em mamões, damascos e maçãs, respectivamente. Kaaya & Njoroge (2004), por sua vez, verificaram que danos por impacto seqüenciais, provocam a diminuição na taxa respiratória de tomates, o que também foi observado em frutos submetidos ao dano por compressão, em que, além da redução na evolução de gás carbônico, se verificou o atraso no amadurecimento (SILVA & CALBO, 1992). Entretanto, quando há efeito do dano, normalmente se observa, além da alteração na aparência dos frutos, aceleração na taxa de perda de água e diminuição da matéria seca (WILLS et al., 1998), penetração de agentes patogênicos (LUENGO et al., 2003), escurecimento da polpa no local lesionado, aumento na taxa respiratória e de produção de etileno (MATTIUZ & DURIGAN, 2001a; DURIGAN et al., 2005; STEFFENS et al., 2008).

Como o etileno está relacionado com a indução dos processos envolvidos no amadurecimento dos frutos, esta maior produção de etileno, desencadeada pelo dano mecânico, pode acelerar o processo de amadurecimento de maçãs, reduzindo a vida pós-colheita dos frutos. Esta aceleração do amadurecimento decorre da ação do etileno, cuja biossíntese sofre um incremento substancial nos tecidos afetados pelo dano mecânico (ALVES et al., 2007a; STEFFENS et al., 2008).

A maioria dos efeitos do etileno pode ser regulada pela ação de inibidores de sua síntese e/ou ação. Um produto que apresenta extraordinário efeito sobre a ação do etileno é o 1-metilciclopropeno (1-MCP). Este produto atua ligando-se irreversivelmente ao sítio de ligação do etileno, impedindo que o mesmo ligue-se a seu receptor e assim desencadeie o processo de amadurecimento dos frutos (DE MARTINO et al., 2006). Brackmann et al. (2004) observaram redução na produção de etileno e na taxa respiratória em maçãs 'Gala' tratadas com 1-MCP, bem como melhor manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento. Em quivi, foi observado que o 1-MCP inibiu a indução do amadurecimento pelo dano mecânico por impacto (ALVES et al., 2007b). Desta forma, o 1-MCP pode ser uma alternativa para retardar ou até inibir o efeito do dano mecânico na indução do amadurecimento de frutos, prolongando o período de armazenamento e mantendo a qualidade dos frutos, bem como reduzir escurecimento da região danificada no fruto (STEFFENS et al., 2008).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do dano mecânico sobre o amadurecimento e qualidade de maçãs das cultivares Royal Gala, em dois sistemas comerciais de armazenamento, tratados ou não com 1-MCP, e Fuji Suprema armazenada em temperatura ambiente

2 QUALIDADE DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ SUBMETIDAS AO DANO MECÂNICO POR IMPACTO E APLICAÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO EM DOIS SISTEMAS COMERCIAIS DE ARMAZENAMENTO

2.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre a qualidade de maçãs ‘Royal Gala’ mantidas em armazenamento refrigerado (AR) e em atmosfera controlada (AC). Os tratamentos avaliados foram dano mecânico (sem e com dano por impacto) combinado com a aplicação de 1-MCP (0 e 625 nL L⁻¹). Os frutos foram armazenados durante quatro meses em armazenamento refrigerado (AR; 0°C±1°C e 92±2% de UR) (experimento 1) e durante oito meses em atmosfera controlada (AC; 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂; 0°C±0,1°C e 96±2% de UR) (experimento 2). Em AR, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram maior firmeza de polpa, além de maior área escurecida no local danificado, na saída da câmara. Nesta condição de armazenamento, após sete dias em condição ambiente, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram acidez titulável mais elevada, maior escurecimento da epiderme e menor profundidade de escurecimento da polpa, no local danificado. Em AC, a aplicação do 1-MCP proporcionou, após a saída da câmara, frutos com menor teor de sólidos solúveis e maior escurecimento da epiderme no local danificado, sendo que, após sete dias em condição ambiente, os frutos apresentaram maior profundidade de escurecimento do tecido da polpa no local danificado. O dano por impacto ocasionou escurecimento da polpa de maçãs ‘Royal Gala’. O 1-MCP não inibiu os efeitos do dano, mas preservou a qualidade dos frutos, especialmente em AR.

Palavras-chave: Amadurecimento. Etileno. Armazenamento refrigerado, Atmosfera controlada.

2.1.1 ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of impact injury and treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the quality of 'Royal Gala' apples in cold storage (CS) and controlled atmosphere condition (CA). The treatments were impact injury (with and without impact injury) combined with 1-MCP (0 and 625 nL L⁻¹). The fruits were stored for four months in CS (0°C ± 1°C and 92 ± 2% RH) (experiment 1) and for eight months in CA (1.2 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂, 0°C ± 1°C and 96 ± 2% RH) (experiment 2). In CS, fruits treated with 1-MCP showed higher flesh firmness and larger area of flesh browning in the damaged place, at removal from storage. After CS followed by seven days of shelf life, fruits treated with 1-MCP showed higher titratable acidity, skin browning and smaller depth of flesh browning in the damage place. In CA, 1-MCP application it provided, at removal from CA storage, fruits with lower levels of soluble solids content and higher skin browning in the damage place, and, after shelf life, fruit showed greater depth of flesh browning in the damaged place. The impact injury caused flesh browning of 'Royal Gala' apples. 1-MCP did not inhibit the effects of impact injury, but preserved fruit quality, especially in CS.

Keywords: Ripening. Ethylene. Cold storage. Controlled atmosphere.

2.2 INTRODUÇÃO

Os consumidores estão cada vez mais exigentes, aumentando assim a demanda por frutos com alto padrão de qualidade. Os frutos continuam seus processos metabólicos depois de colhidos, e estão suscetíveis a fatores estressantes, que podem causar a perda prematura de qualidade. Impactos e vibrações durante a colheita, transporte e classificação podem ocasionar danos mecânicos, os quais são responsáveis por consideráveis perdas de qualidade na cadeia produtiva, desde o produtor até o consumidor (DINTWA et al., 2008). De acordo com Barchi et al. (2002), os danos mecânicos são responsáveis pela deterioração de frutos e vegetais, sendo estimadas perdas médias de 35%. Dentre os danos mais comuns destacam-se os causados por impacto, compressão e corte (SANCHES et al., 2008). Esses danos podem desencadear inúmeras respostas fisiológicas (MATTIUZ & DURIGAN, 2001a), como alterações no metabolismo, no aroma e no sabor (MORETTI & SARGENT, 2000), escurecimento da polpa, além do aumento na taxa respiratória e de produção de etileno (MATTIUZ & DURIGAN, 2001a; DE MARTINO et al., 2006).

O etileno está relacionado com a indução dos processos envolvidos no amadurecimento dos frutos, sendo que a maior produção de etileno, desencadeada pelo dano mecânico, pode acelerar o processo de amadurecimento, reduzindo o período de armazenamento dos frutos (STEFFENS et al., 2008). Outro grande problema decorrente dos danos mecânicos, e identificado como uma das principais causas de perda em maçãs é a presença de amassamento e escurecimento no local da lesão. Dados recentes de distribuidores de maçãs demonstram que este problema pode ocasionar perdas de até 50% (LEWIS et al., 2008).

Como forma de redução de perdas e controle da oferta de maçãs ao consumidor, utilizam-se diferentes tecnologias de armazenamento, algumas bastante difundidas comercialmente, como o caso do armazenamento refrigerado (AR) e da atmosfera controlada (AC), as quais podem estar associadas ao uso do 1-metilciclopropeno (1-MCP). O armazenamento em AC retarda substancialmente o amadurecimento dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Além disso, o 1-MCP, por ser um produto que inibe a ação do etileno, pode ser uma alternativa para retardar a indução do amadurecimento desencadeado pelo dano mecânico (DAL CIN et al., 2006). Este produto atua ligando-se irreversivelmente ao sítio de ligação do etileno, impedindo que o mesmo se ligue a seu receptor e assim desencadeie o processo de amadurecimento dos frutos (DE MARTINO et al., 2006). Em damascos (DE MARTINO et al., 2006) e maçãs (STEFFENS et al., 2008), o surgimento de uma região escurecida na região lesionada foi retardado pelo uso do 1-MCP. Este efeito do 1-MCP pode estar relacionado à menor atividade da enzima polifenoloxidase (WATKINS, 2006).

Apesar de existir um consenso quanto ao efeito do dano mecânico na perda da qualidade de frutos armazenados, existem poucas informações no Brasil sobre os efeitos do dano por impacto em maçãs. Além disso, alguns autores não observaram efeito do dano mecânico na produção de etileno em mamões (QUINTANA & PAULL, 1993), na atividade respiratória de tomates (KAAYA & NJOROGE, 2004) e mamões (QUINTANA & PAULL, 1993) e nos atributos de qualidade em caquis (SCHWARZ et al., 2008) e pêssegos (SANTOS et al., 2008). Provavelmente, a divergência entre os trabalhos deve-se ao tipo e a intensidade do dano, bem como a susceptibilidade dos frutos ao dano.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre a qualidade de maçãs 'Royal Gala' mantidas sob armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos utilizados neste trabalho foram colhidos em um pomar comercial no município de Vacaria, RS, na safra 2007/2008. Depois de colhidos, os frutos foram colocados em bandejas, e estas em caixas plásticas, cada uma contendo três bandejas sobrepostas. Posteriormente, os frutos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Uva e Vinho, onde foram aplicados os tratamentos. Os tratamentos foram organizados em esquema bifatorial 2 x 2 (sem e com dano mecânico por impacto x sem e com aplicação de 1-MCP).

O dano mecânico foi aplicado na região equatorial do lado mais vermelho dos frutos, através da queda livre, de uma altura de 20 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 de dessecador recortada, fixada a 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 através do processo de sucção. A base do equipamento consistiu em uma chapa de ferro. Após regulagem da altura de queda, a bomba foi ligada e, deste modo, os frutos permaneceram suspensos, presos à ventosa, através da força gerada pelo vácuo. Com o desligamento da bomba, na ausência de vácuo, ocorre 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, posteriormente, assinalado com caneta para retroprojeter na cor preta (marca Pilot, ponta de 2,0 mm), para identificação do local da lesão. Antes da aplicação do dano, os frutos foram pesados individualmente e separados por calibre, sendo regulada a altura de queda para cada calibre. Depois do dano, os frutos receberam ou não tratamento com 1-MCP 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 0,16g de produto/m³ de câmara, para obter 1,0 µL L⁻¹ de 1-MCP. O produto foi solubilizado em água, em condição ambiente, em um recipiente hermético e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de Petri dentro de uma minicâmara com volume de 0,45m³, com fechamento hermético. Os frutos ficaram expostos ao tratamento por 24 horas a 20°C.

Parte dos frutos foi mantida durante quatro meses em sistema de armazenamento refrigerado (AR; 0±1°C e 92±2% de UR), junto à Embrapa Uva e Vinho, correspondendo ao experimento 1, constituído de três repetições de cinco frutos. Outra parte dos frutos foi transportada para o Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita da Universidade Federal de Santa

Maria, correspondendo ao experimento 2. Neste experimento foram utilizadas três repetições de 15 frutos para cada tratamento, com armazenamento durante oito meses em AC (1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂; 0±1°C e 96±2% de UR).

Após o período de armazenamento, os frutos foram encaminhados ao Laboratório de Pesquisa em Fisiologia Vegetal e Pós-colheita da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), onde foram avaliados quanto aos atributos de firmeza de polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), escurecimento da epiderme e da polpa no local do dano e área e profundidade de escurecimento no local do dano, logo após a saída da câmara e depois de sete dias em condição ambiente.

Para medida 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 medida na região equatorial dos frutos, intermediária entre o local do dano e o local oposto 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. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até pH 8,1. Os teores de SS (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se o suco extraído, conforme descrito para a AT, sendo realizada a correção do efeito da temperatura (20°C). A quantificação do escurecimento da epiderme e da polpa no local do dano foi feita através da medição da luminosidade (*L*), que varia de 0 (preto) a 100 (branco), com um colorímetro Minolta, modelo CR 400. Para as medidas da área de tecido escurecido, no local danificado, retirou-se a epiderme e, com auxílio de um paquímetro digital, efetuou-se a medida transversal e longitudinal da região escurecida no local do dano. Tais medidas foram utilizadas no cálculo da área da elipse ($A = \pi ab$; onde “a” e “b” correspondem à metade da medida transversal e longitudinal, respectivamente). Para medida da profundidade de escurecimento no local do dano foi retirada amostra da polpa com um furador de rolhas, sendo mensurada a profundidade de tecido escurecido a partir da superfície da epiderme.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, sendo os dados submetidos à análise da variância (ANOVA). Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey (P<0,05).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na colheita, os frutos apresentavam firmeza de polpa de 79,97 N, AT de 5,3 meq 100 mL⁻¹, teor de SS de 11,5° Brix e valor *L* (para quantificar o escurecimento no local danificado após o impacto) de 41,96 para a epiderme e 83,13 para a polpa.

O dano mecânico não afetou a firmeza de polpa, em ambos os sistemas de armazenamento e períodos de avaliação (Tabela 1). Steffens et al. (2008) também não observaram efeito do dano mecânico sobre a firmeza de polpa de maçãs ‘Gala’ mantidas sob condição ambiente. Contudo, em outros frutos tem-se observado que o dano mecânico acelera a redução da firmeza de polpa (MATTIUZ & DURIGAN, 2001b; DE MARTINO et al., 2006). Mattiuz & Durigan (2001b) citam 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. Em AR, frutos tratados com 1-MCP apresentaram maior firmeza de polpa nos dois períodos de avaliação, independente da aplicação de dano mecânico (Tabela 1), com valor superior ao mínimo utilizado como padrão ideal (60 N) (CORRENT et al., 2004). Brackmann et al. (2004), trabalhando com a cultivar Gala em AR, também observaram maior firmeza de polpa em frutos tratados com 1-MCP. A maior firmeza de polpa nos frutos tratados com 1-MCP está diretamente relacionada à redução na ação e produção do etileno. O etileno aumenta a atividade das enzimas responsáveis pela perda de firmeza de polpa (MAJUMDER & MAZUMDAR, 2002). Contudo, em AC não foi observado efeito do 1-MCP na manutenção da firmeza de polpa. Brackmann et al. (2008) também não observaram efeito do 1-MCP na manutenção da firmeza de polpa, na saída da câmara, em maçãs ‘Gala’ armazenadas em AC. Em AC, todos os tratamentos apresentaram firmeza de polpa superior a 60 N, não havendo diferença estatística entre os mesmos (Tabela 1). De acordo com Corrent et al. (2004), em condições de AC maçãs ‘Royal Gala’ apresentam redução de firmeza de polpa menos acentuada do que em AR, o que pode explicar o fato do 1-MCP não ter apresentado efeito sobre a manutenção da firmeza de polpa na condição de AC.

Tabela 1 - Firmeza de polpa de maçãs 'Royal Gala', armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição em condição ambiente.

Tratamentos	Firmeza de polpa (N)					
	AR			AC		
	1-MCP		Média	1-MCP		Média
Com	Sem	Com		Sem		
	----- Saída da câmara -----					
Sem dano	67,86	56,47	62,16a	71,03	72,51	71,77a
Com dano	66,26	57,85	62,05a	71,71	71,49	71,59a
Média	67,06A	57,16B		71,37A	72,00A	
CV%	5,34			1,38		
	----- Condição ambiente -----					
Sem dano	66,61	45,90	56,25a	67,46	71,27	69,38a
Com dano	65,27	53,34	59,30a	65,06	68,83	66,34a
Média	65,93A	49,62B		66,26A	70,04A	
CV%	9,22			4,68		

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo sistema de armazenamento, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Não houve diferença estatística quanto à AT (Tabela 2) e ao teor de SS (dados não apresentados) entre os frutos sem e com dano mecânico, em ambos os sistemas de armazenamento e períodos de avaliação. Da mesma forma, outros autores não verificaram efeito do dano mecânico sobre estes atributos em abacate (SANCHES et al., 2008), maçã (STEFFENS et al., 2008) e damasco (DE MARTINO et al., 2006). Contudo, em goiabas houve menor AT nos frutos submetidos ao dano mecânico (MATTIUZ & DURIGAN, 2001b). Em maçãs sem dano mecânico armazenadas em AR, o 1-MCP proporcionou maior AT após sete dias em condição ambiente, o mesmo não ocorrendo com os teores de SS. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Brackmann et al. (2004), que observaram maior AT em maçãs tratadas com 1-MCP, mas não sobre o teor de SS. A diminuição da AT e do teor de SS ocorre como resultado da utilização de substratos no processo respiratório. Segundo Corrent et al. (2004), a manutenção da AT nos frutos tratados com 1-MCP pode ser explicada através da menor atividade metabólica. Em frutos com dano mecânico, não foram observados efeitos do 1-MCP na AT e no teor de SS. Esse comportamento pode ser resultado da diminuição dos efeitos do 1-MCP devido à formação de novos sítios de ligação ao etileno. Apesar do mesmo se ligar irreversivelmente ao sítio, há o retorno da sensibilidade ao etileno pelos frutos, resultado da formação de novos receptores (BLANKENSHIP & DOLE, 2003), os quais podem ser induzidos pelo dano (STEFFENS et al., 2008).

Embora tenha sido verificado efeito positivo do 1-MCP sobre a manutenção da AT em AR, o mesmo não foi observado em AC (Tabela 2). Os resultados obtidos no presente trabalho concordam com Watkins et al. (2000) os quais encontraram maior AT em diferentes cultivares de maçãs, tratadas com 1-MCP e armazenadas em AR, porém, efeitos inconsistentes foram verificados em AC.

Tabela 2 - Acidez titulável de maçãs 'Royal Gala', armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição em condição ambiente.

Tratamentos	Acidez titulável (meq 100mL ⁻¹)					
	AR			AC		
	1-MCP		Média	1-MCP		Média
Com	Sem	Com		Sem		
	----- Saída da câmara -----					
Sem dano	3,26	3,01	3,13a	3,30	3,51	3,40a
Com dano	3,55	2,95	3,25a	3,34	3,59	3,46a
Média	3,40A	2,98A		3,31A	3,55A	
CV%	16,44			6,23		
	----- Condição ambiente -----					
Sem dano	3,91Aa	2,76Ba	3,33	4,79	5,20	4,99a
Com dano	3,37Aa	2,97Aa	3,16	4,37	3,97	4,17a
Média	3,63	2,86		4,58A	4,59A	
CV%	8,33			19,36		

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo sistema de armazenamento, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Embora não tenha sido observada diferença estatística entre frutos com e sem dano mecânico quanto ao valor L da cor da epiderme (dados não apresentados), o dano mecânico causou maior redução no valor L da polpa, em ambas as avaliações e sistemas de armazenamento, indicando que houve escurecimento do tecido na região danificada (Tabela 3). Resultados similares foram obtidos por STEFFENS et al. (2008) em maçãs submetidas a dano mecânico. Dependendo da intensidade do impacto, pode haver dano no sistema de membranas, levando à descompartimentação das células da polpa na região lesionada e, assim, à oxidação dos compostos fenólicos (STEFFENS et al., 2008). O tratamento com 1-MCP e o armazenamento em condição de AC não apresentaram efeito sobre o controle do escurecimento em frutos submetidos ao dano mecânico (Tabela 3). Steffens et al. (2008) não verificaram efeito da aplicação de 1-MCP em maçãs, efetuada antes do dano mecânico, na diminuição do escurecimento na região lesionada. No entanto, estes autores observaram que a aplicação de 1-MCP após a ocorrência do dano mecânico reduziu o escurecimento da região.

O dano mecânico pode induzir a formação de novos receptores de etileno. Desta forma, o tratamento com 1-MCP após o dano mecânico impede que o etileno se ligue a estes novos receptores, reduzindo assim a atividade da enzima polifenoloxidase.

Tabela 3 - Índice de cor (*L*) da polpa de maçãs 'Royal Gala', armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição em condição ambiente.

Cor de polpa (<i>L</i>) no local danificado						
Tratamentos	----- AR -----			----- AC -----		
	----- 1-MCP -----		Média	----- 1-MCP -----		Média
	Com	Sem		Com	Sem	
	----- Saída da câmara -----					
Sem dano	81,18	81,69	81,43a	80,85	80,90	80,87a
Com dano	76,68	75,19	75,93b	75,95	76,20	76,07b
Média	78,93A	78,44A		78,40A	78,54A	
CV%		1,58			1,13	
	----- Condição ambiente -----					
Sem dano	81,56	82,52	82,03a	81,41	82,19	81,79a
Com dano	75,51	75,94	75,72b	75,78	75,64	75,71b
Média	78,53A	79,22A		78,59A	78,91A	
CV%		1,05			1,51	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo sistema de armazenamento, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A menor área de tecido escurecido no local danificado foi de 2,21 cm² (Tabela 4), a qual, de acordo com padrões internacionais de qualidade, inviabilizaria a comercialização destes frutos (PANG et al., 1996). Segundo estes autores, a avaliação da superfície da lesão é mais relevante que o volume para medida do tecido escurecido. Na prática, a medida de área lesionada é importante, pois quantifica o que está prontamente visível ao consumidor (ZEEBROECK et al., 2007; LEWIS et al., 2008). De acordo com Cliff et al. (2002), o tamanho do dano não é o fator mais importante, e sim, o aspecto visual do fruto danificado.

Tabela 4 - Área escurecida no local do dano em maçãs 'Royal Gala', armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente.

Tratamentos	Área escurecida no local danificado (cm ²)					
	AR			AC		
	1-MCP		Média	1-MCP		Média
Com	Sem	Com		Sem		
	----- Saída da câmara -----					
Sem dano	0,00Ab	0,00Ab	0,00	0,00	0,00	0,00b
Com dano	4,03Aa	2,84Ba	3,43	2,73	2,85	2,79a
Média	2,01	1,43		1,36A	1,42A	
CV%		14,02			6,16	
	----- Condição ambiente -----					
Sem dano	0,00	0,00	0,00b	0,00	0,00	0,00b
Com dano	3,80	3,62	3,71a	2,26	2,21	2,23a
Média	1,90A	1,81A		1,13A	1,10A	
CV%		27,58			15,69	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo sistema de armazenamento, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para frutos em AR, o tratamento com 1-MCP aumentou a área de escurecimento no local danificado, na remoção da câmara (Tabela 4), e após sete dias em condição ambiente, reduziu o valor de profundidade de tecido escurecido (Tabela 5). Em AC, o tratamento com 1-MCP proporcionou o maior valor de profundidade de escurecimento no local danificado após sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente (Tabela 5). O dano é influenciado por propriedades mecânicas e pela geometria da célula, resistência da parede celular e presença de espaços intercelulares (ZEEBROECK et al., 2007). De acordo com Ragni & Berardinelli (2001) uma variação de 10% no raio de curvatura no local do impacto, pode ocasionar uma diferença de até 12% no diâmetro do dano. Desta forma, as diferenças observadas entre os tratamentos, podem estar associadas ao formato de cada fruto e não ao 1-MCP.

Tabela 5 - Profundidade de escurecimento no local do dano em maçãs 'Royal Gala', armazenadas durante quatro meses em atmosfera refrigerada (AR) e oito meses em atmosfera controlada (AC), seguido de sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente.

Profundidade de escurecimento no local danificado (cm)						
Tratamentos	----- AR -----			----- AC -----		
	----- 1-MCP -----		Média	----- 1-MCP -----		Média
	Com	Sem		Com	Sem	
----- Saída da câmara -----						
Sem dano	0,00	0,00	0,00b	0,00	0,00	0,00b
Com dano	0,46	0,42	0,44a	0,33	0,39	0,36a
Média	0,23A	0,21A		0,16A	0,19A	
CV%		9,60			14,69	
----- Condição ambiente -----						
Sem dano	0,00	0,00	0,00b	0,00	0,00	0,00b
Com dano	0,37	0,42	0,39a	0,37	0,30	0,33a
Média	0,18B	0,21A		0,18A	0,15B	
CV%		5,78			7,67	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo sistema de armazenamento, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

2.5 CONCLUSÃO

O dano mecânico, ocasionado pelo impacto do fruto a uma altura de 20 cm sobre superfície rígida, não possui efeito sobre a indução do amadurecimento, mas ocasiona escurecimento da polpa em maçãs 'Royal Gala'. O uso do 1-MCP não retarda os efeitos decorrentes do dano mecânico, no entanto, proporciona melhor manutenção dos atributos de qualidade em atmosfera refrigerada. A atmosfera controlada preserva a qualidade dos frutos, porém, sem efeito sinérgico com o 1-MCP

3 QUALIDADE DE MAÇÃS ‘ROYAL GALA’ SUBMETIDAS AO DANO MECÂNICO POR IMPACTO E TRATADAS COM 1-METILCICLOPROPENO ANTES E APÓS O DANO

3.1 RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno, antes e após o dano, sobre a qualidade de maçãs ‘Royal Gala’ após o armazenamento refrigerado. Os tratamentos avaliados foram: controle (sem dano e sem 1-MCP), 1-MCP, dano mecânico por impacto, 1-MCP + dano mecânico, dano mecânico + 1-MCP, armazenados por dois e quatro meses em ambiente refrigerado seguidos por sete dias em condição ambiente. No experimento 1 o dano por impacto foi realizado através da queda livre dos frutos a uma altura de 10 cm e no experimento 2 a 20 cm. O dano mecânico não apresentou efeito na firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis e índice de cor *L* da epiderme no local danificado, todavia provocou escurecimento da polpa no local danificado. No experimento 1, não se observou efeito do 1-MCP na área e profundidade de escurecimento no local do dano. Contudo, no experimento 2 houve incremento nestas variáveis no tratamento dano mecânico + 1-MCP. O 1-MCP contribuiu para manutenção da firmeza de polpa e da acidez titulável, porém não reduziu os efeitos do dano mecânico, independentemente do momento da aplicação. Com o aumento no período de armazenamento houve redução nos valores de firmeza de polpa e acidez titulável em frutos não tratados com 1-MCP, e do teor de sólidos solúveis em frutos tratados ou não.

Palavras-chave: *Malus domestica*. Amadurecimento. Injúria. Pós-colheita.

3.1.1 ABSTRACT

Two experiments were carried to evaluate the effect of impact damage and treatment with 1-methylcyclopropene, before and after the damage, on the quality of ‘Royal Gala’ apples after cold storage (CS). The treatments evaluated were: control (without damage and without 1-MCP), 1-MCP, mechanical impact damage, 1-MCP + impact damage, impact

damage + 1-MCP, stored for two and four months in cold storage following to seven days of shelf life. In experiment 1, the impact damage was done through the free fall of 10 cm and in experiment 2 to 20 cm. The impact damage had no effect on flesh firmness, titratable acidity, soluble solids content and L color index of the skin, however caused flesh browning in the damaged place. In experiment 1 there was no effect of 1-MCP in the area and depth of flesh browning in the damage place. However, in experiment 2, treatment mechanical damage + 1-MCP increased the value of these variables. 1-MCP contributed to maintenance of flesh firmness and titratable acidity, but did not reduce the effects of mechanical damage, independently of the time of application. With the increase in the period of storage there was reduction in the values of flesh firmness and titratable acidity of fruits no treated with 1-MCP and soluble solids content in treated fruits or not.

Key words: *Malus domestica*. Ripening. Injury. Postharvest.

3.2 INTRODUÇÃO

Os danos mecânicos são responsáveis pela deterioração de frutos e hortaliças, e ocorrem durante a colheita, embalagem e acondicionamento, sendo estimadas perdas entre 30 e 40% decorrente destes danos (BARCHI et al., 2002). Dependendo da intensidade dos danos, pode ocorrer escurecimento da polpa, aumento na taxa respiratória e de produção de etileno (MATTIUZ & DURIGAN, 2001), além de acelerar a taxa de perda de água e diminuir a matéria seca dos produtos (WILLS et al., 1998).

Pang et al. (1996), trabalhando em linhas de beneficiamento de maçã, verificaram uma incidência de 93% de deformação da casca e/ou escurecimento 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 profundidade e diâmetro de escurecimento da polpa de 5 e 15 mm, respectivamente, os quais não são eliminados com o descasque. O escurecimento da polpa no local da lesão é considerado como uma das desordens mais comuns em pós-colheita (LINDEN et al., 2008), e uma das principais causas de perdas em maçãs, podendo alcançar níveis acima de 50% (LEWIS et al., 2008).

Além do prejuízo visual gerado pelo dano mecânico, a maior produção de etileno, causada em virtude do estresse, pode acelerar respostas fisiológicas ligadas ao amadurecimento (STEFFENS et al., 2008). O aumento da produção de etileno está relacionado proporcionalmente à quantidade de estresses mecânicos sofridos (MORRETI,

2007) e ocorre devido a perturbações na membrana plasmática, a qual responde com mudanças em suas características físicas induzindo a produção de etileno para tentar reparar os danos (VITTI et al., 2004). Este maior amadurecimento ligado ao etileno tem sido associado à ação do mesmo sobre a atividade de enzimas hidrolíticas, como poligalacturonases, pectinametilesterases, β -galactosidases e celulases (BRUMMELL & HARPSTER, 2001).

Mesmo em concentrações muito baixas, o etileno pode acelerar o amadurecimento e a senescência dos frutos (SAQUET & STREIF, 2002), sendo necessária a inibição de sua síntese ou de sua ação para retardar esse processo (GIRARDI et al., 2003). Um produto que apresenta extraordinário efeito sobre a ação do etileno é o 1-metilciclopropeno (1-MCP).

De acordo com Watkins (2006), o 1-MCP reduz a atividade das enzimas aminociclopropano carboxilase sintase (ACC sintase) e 1-aminociclopropano carboxilase oxidase (ACC oxidase). Ele atua ligando-se irreversivelmente ao sítio de ligação do etileno, impedindo que o mesmo ligue-se a seu receptor (DE MARTINO et al., 2006), entretanto, com o passar do tempo, há o retorno da sensibilidade ao etileno, resultado da formação de novos sítios de ligação (BLANKENSHIP & DOLE, 2003). Steffens et al. (2008) observaram redução no escurecimento da região lesionada com a aplicação do 1-MCP após a ocorrência do dano mecânico. Segundo estes 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 estes novos receptores.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-MCP, antes e após o dano, sobre o amadurecimento e qualidade de maçãs 'Royal Gala' após o armazenamento refrigerado.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos. Frutos colhidos em pomar comercial no município de Vacaria – RS, foram acondicionados em bandejas e transportados até a sede da Embrapa Uva e Vinho, onde os tratamentos foram aplicados. Os tratamentos, compostos por três repetições e unidade experimental de cinco frutos, sendo compostos pelo controle (sem dano e sem 1-MCP), 1-MCP, dano mecânico por impacto, 1-MCP + dano mecânico, dano mecânico + 1-MCP, em dois períodos de armazenamento (dois e quatro meses de armazenamento refrigerado mais sete dias em condição ambiente).

No experimento 1 o dano por impacto foi realizado através da queda livre dos frutos a uma altura de 10 cm e no experimento 2 a 20 cm. O dano mecânico foi aplicado na região equatorial do lado mais vermelho dos frutos, através da queda livre, 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 através do processo de sucção. A base do equipamento consistiu em uma chapa de ferro. Após regulagem da altura de queda, a bomba foi ligada e, deste modo, os frutos permaneceram suspensos, presos à ventosa, através da força gerada pelo vácuo. Com o desligamento da bomba, na ausência de vácuo, ocorre 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, posteriormente, assinalado com caneta para retroprojektor na cor preta (marca Pilot, ponta de 2,0 mm), para identificação do local da lesão. Antes da aplicação do dano, os frutos foram pesados individualmente e separados por calibre, sendo regulada a altura de queda para cada calibre.

O 1-MCP foi aplicado, antes e após o dano, na dose de 625nL L^{-1} . Para o tratamento com 1-MCP foi utilizado o produto SmartFresh® (0,14% de 1-MCP na formulação pó), na relação de 0,16g de produto/ m^3 de câmara, para obter $1,0\ \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP. O produto foi solubilizado em água, em condição ambiente, em um recipiente hermético e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de Petri dentro de uma minicâmara com volume de $0,45\text{m}^3$, com fechamento hermético. Os frutos ficaram expostos ao tratamento por 24 horas.

Depois de aplicado os tratamentos, os frutos foram armazenados em atmosfera refrigerada na temperatura $0\pm 1^\circ\text{C}$ com umidade relativa (UR) de $92\pm 2\%$, sendo avaliados após dois e quatro meses de armazenamento mais sete dias de exposição em condição ambiente, quanto aos seguintes atributos de qualidade: firmeza de polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), escurecimento da epiderme e da polpa (índice de cor *L*) área e profundidade de escurecimento do tecido no local do dano.

Para medida da firmeza de polpa removeu-se uma porção da epiderme e com auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 11mm de diâmetro, fez-se a medida na região equatorial dos frutos e intermediária entre o dano e a oposta ao dano, sendo os resultados expressos em Newton (N). Os valores de AT 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. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1, sendo os resultados expressos em meq 100mL⁻¹. Os teores de SS foram determinados por refratometria, utilizando-se o suco extraído, conforme descrito para a AT, sendo realizada a correção do efeito da temperatura (20°C) e os resultados expressos em °Brix. 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 medida do lado transversal e longitudinal do dano, sendo transformados em medida de área através da fórmula da área da elipse ($A = \pi ab$), onde “a” e “b” correspondem à metade da medida transversal e longitudinal, respectivamente. Para medida da profundidade de escurecimento foi retirada amostra da polpa com um furador de rolhas, sendo mensurada a distância do escurecimento a partir da superfície da epiderme.

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

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na colheita, os frutos apresentavam firmeza de polpa de 79,97 N, AT de 5,3 meq 100 mL⁻¹, teor de SS de 11,5° Brix e valor *L* (para quantificar o escurecimento no local danificado após o impacto) de 41,96 para a epiderme e 83,13 para a polpa.

No experimento 1, na avaliação realizada na saída da câmara, houve interação entre os fatores avaliados para as variáveis firmeza de polpa. Após sete dias em condição ambiente, se verificou interação para a variável firmeza de polpa, acidez titulável e profundidade de escurecimento no local danificado. No experimento 2, não se observou interação entre os fatores avaliados em todas as variáveis, na saída da câmara, porém houve para acidez titulável e cor da polpa no local danificado, após sete dias em condição ambiente (Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10). O dano mecânico não influenciou nos valores de firmeza de polpa, em ambos os experimentos e avaliações (Tabela 6). Steffens et al. (2008) também não observaram influência do dano mecânico sobre a firmeza de polpa de maçãs ‘Gala’. Contudo, Kasat et al. (2007) identificaram menor firmeza de polpa em pêssegos submetidos ao dano por impacto, todavia, a diferença entre os trabalhos possivelmente deva-se às intensidades de dano testadas ou à sensibilidade ao dano mecânico diferenciada entre as espécies.

Tabela 6 - Firmeza de polpa de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada, e mais sete dias em condição ambiente.

Tratamento	Firmeza de polpa (N)			---		
	Saída da câmara			Condição ambiente		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
----- 10 cm -----						
Controle	65,72Aa	56,47Ab	61,10	60,01Ab	45,89Bb	52,95
1-MCP	69,72Aa	67,85Aa	68,79	67,40Aa	66,60Aa	67,00
1-MCP + Dano	73,18Aa	69,27Aa	71,22	71,45Aa	70,85Aa	71,15
Dano + 1-MCP	67,53Aa	73,37Aa	70,45	68,10Aa	61,35Aa	64,72
Dano mecânico	66,41Aa	56,83Ab	61,62	64,38Ab	49,36Bb	56,87
Média	68,51	64,76		66,27	58,81	
CV%		5,22			6,26	
----- 20 cm -----						
Controle	65,72	56,47	61,10b	60,01	45,89	52,95b
1-MCP	69,72	67,85	68,79a	67,40	66,60	67,00a
1-MCP + Dano	75,47	68,61	72,04a	73,19	63,67	68,43a
Dano + 1-MCP	72,01	66,26	69,14a	69,00	65,27	67,13a
Dano mecânico	64,82	57,85	61,33b	58,79	53,34	56,06b
Média	69,55A	63,41B		65,68A	58,95B	
CV%		4,93			6,73	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo nível de dano mecânico, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

No experimento 1, após dois meses de armazenamento, a aplicação de 1-MCP não influenciou a firmeza de polpa, na avaliação realizada na saída da câmara, contudo, após sete dias os frutos apresentaram maior firmeza de polpa do que os não tratados (Tabela 6). Após quatro meses de armazenamento, o 1-MCP manteve maior firmeza de polpa dos frutos, na saída da câmara e após sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente. Este efeito do 1-MCP ocorreu tanto em frutos danificados como em frutos que não sofreram dano mecânico. No experimento 2, o 1-MCP também manteve maior firmeza de polpa em frutos danificados e não danificados, independente do tempo de armazenamento e do momento de avaliação (Tabela 6). A firmeza dos frutos está associada às substâncias pécnicas que atuam como material cimentante e encontram-se, principalmente, depositadas na parede celular (OLIVEIRA et al., 2002). A hidrólise de carboidratos estruturais, especialmente, substâncias pécnicas e hemicelulose, enfraquece a parede celular e a força coesiva que liga as células (VIEITES et al., 2007). A maior firmeza dos frutos tratados com 1-MCP está associada à redução da atividade das enzimas pectolíticas, devido à redução da ação do etileno (JACOMINO et al., 2002; BRUMMELL & HARPSTER, 2001).

Em ambos os experimentos o dano mecânico não influenciou nos valores de AT (Tabela 7). Na saída da câmara, nos dois experimentos, não houve efeito substancial da aplicação do 1-MCP sobre a manutenção da AT, independente do tempo de armazenamento e da presença ou não de dano mecânico. Após o período em condição ambiente, houve interação entre os fatores avaliados. No experimento 1, após dois meses mais sete dias em condição ambiente, observou-se o maior valor de AT nos tratamentos 1-MCP + dano e 1-MCP. Contudo, no experimento 2, com dois meses de armazenamento, os frutos tratados com 1-MCP, independente da presença do dano mecânico, mantiveram valores de AT maiores que os frutos submetidos ao dano mecânico, mas sem diferir do tratamento controle. Com quatro meses de armazenamento mais sete dias em condição ambiente, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram AT mais elevada, não diferindo dos tratamentos dano + 1-MCP, em ambos os experimentos, e 1-MCP + dano, no experimento 1. (Tabela 7). Apesar de um comportamento variável entre os tratamentos, verificou-se, na maioria dos casos, AT superior nos frutos tratados com 1-MCP. Alguns autores observam manutenção da AT de maçãs 'Law Rome', 'Delicious', 'Empire', 'McIntosh'; 'Gala' e 'Royal Gala' quando tratadas com 1-MCP (WATKINS et al., 2000; BRACKMANN et al., 2004; CORRENT et al., 2004). A maior acidez encontrada nos frutos tratados está relacionada a menor atividade metabólica nestes frutos, ocorrendo redução da intensidade respiratória e do consumo de ácidos orgânicos (CORRENT et al., 2004).

Após dois meses mais sete dias, verificou-se o menor valor de AT nos frutos danificados sem 1-MCP, todavia, sem diferença significativa para os frutos do controle. O fato de o tratamento com 1-MCP + dano apresentar valor significativamente menor de acidez que os frutos do tratamento 1-MCP pode estar relacionado à formação de novos receptores de etileno induzidos pelo dano mecânico. Tanto o dano mecânico, quanto a aplicação de 1-MCP, não influenciaram os teores de SS. Os frutos apresentaram decréscimo no teor de SS com o aumento no período de armazenamento em ambos os experimentos, sendo a diferença significativa somente em condição ambiente (dados não apresentados).

Em ambos os experimentos e avaliações, independente do tempo de armazenamento, o dano mecânico e a aplicação de 1-MCP não influenciaram o valor de *L* na epiderme no local danificado (dados não apresentados).

Com relação à cor da polpa no local danificado, houve, nos dois experimentos, escurecimento dos frutos que foram submetidos ao dano mecânico, independente da aplicação do 1-MCP (Tabela 8). Lewis et al. (2008) não observaram descoloração da epiderme no local da lesão gerada pelo dano, todavia após o descasque se observou escurecimento da polpa.

Steffens et al. (2008) também observaram escurecimento da região lesionada em frutos danificados. O escurecimento está relacionado ao dano nas membranas celulares, que, dependendo da intensidade do dano, tornam-se incapazes 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). O 1-MCP não influenciou no índice de cor *L* da polpa. Steffens et al. (2008) verificaram que a aplicação de 1-MCP, antes do dano mecânico, não diminuiu o escurecimento na região lesionada, no entanto, os mesmos autores identificaram menor escurecimento da polpa quando os frutos foram tratados com 1-MCP após o dano, o que não foi verificado no presente trabalho.

Tabela 7 - Acidez titulável de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada, e mais sete dias em condição ambiente.

Tratamento	Acidez titulável (meq 100mL ⁻¹)					
	----- Saída da câmara -----			--- Condição ambiente ---		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
----- 10 cm -----						
Controle	4,22	3,01	3,61ab	4,12Abc	2,75Bc	3,43
1-MCP	4,07	3,26	3,66ab	4,54Aab	3,91Ba	4,22
1-MCP + Dano	4,47	3,84	4,15a	4,84Aa	3,55Bab	4,19
Dano + 1-MCP	4,06	3,43	3,74ab	4,06Abc	3,39Bab	3,72
Dano mecânico	3,74	3,00	3,37b	3,83Ac	3,02Bbc	3,42
Média	4,11A	3,30B		4,28	3,32	
CV%		11,58			5,61	
----- 20 cm -----						
	----- Saída da câmara -----			----- Condição ambiente -----		
Controle	4,22	3,01	3,61a	4,12Aab	2,75Bb	3,43
1-MCP	4,07	3,26	3,66a	4,54Aa	3,91Aa	4,22
1-MCP + Dano	4,20	3,36	3,77a	4,44Aa	2,91Bb	3,67
Dano + 1-MCP	3,93	3,55	3,74a	4,40Aa	3,36Bab	3,88
Dano mecânico	3,75	2,95	3,35a	3,53Ab	2,96Ab	3,25
Média	4,03A	3,22B		4,20	3,18	
CV%		12,09			7,47	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo nível de dano mecânico, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 8 - Índice de cor (*L*) da polpa de maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada, e mais sete dias em condição ambiente.

Cor de polpa (<i>L</i>) no local danificado						
Tratamento	----- Saída da câmara -----			----- Condição ambiente -----		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
----- 10 cm -----						
Controle	80,57	81,69	81,12a	79,31	82,51	80,91a
1-MCP	80,33	81,18	80,75a	78,59	81,56	80,07a
1-MCP + Dano	75,39	76,82	76,10b	71,71	76,32	74,01b
Dano + 1-MCP	73,36	75,82	74,59b	72,92	76,09	74,50b
Dano mecânico	75,64	74,96	75,30b	73,16	76,88	75,01b
Média	77,05B	78,09A		75,13B	78,67A	
CV%	1,63			2,52		
----- 20 cm -----						
Controle	80,57	81,69	81,13a	79,31Aa	82,51Aa	80,91
1-MCP	80,33	81,18	80,76a	78,59Aa	81,56Aa	80,07
1-MCP + Dano	74,15	76,97	75,56b	74,03Ab	74,66Ab	74,34
Dano + 1-MCP	72,00	76,68	74,34b	73,11Ab	75,50Ab	74,31
Dano mecânico	73,17	75,19	74,18b	70,69Bb	75,93Ab	73,31
Média	76,04B	78,34A		75,14	78,03	
CV%		1,69			1,53	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo nível de dano mecânico, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os menores valores de área de tecido escurecidos sendo 1,91 e 2,86 cm² para os experimentos 1 e 2, respectivamente (Tabela 9). Isso demonstra que existe relação entre a intensidade do dano mecânico e a magnitude da região lesionada. De acordo com os padrões internacionais de qualidade, esses valores de área de dano inviabilizam a comercialização destes frutos (PANG et al., 1996).

No experimento 1, houve diferença na área e profundidade de escurecimento no local danificado somente entre os frutos danificados e os não danificados, no entanto, frutos danificados sem 1-MCP, avaliados após sete dias em condição ambiente, apresentaram aumento na profundidade do dano com o aumento do período de armazenamento (Tabela 10). Neste caso, a ação do 1-MCP pode ter influenciado na menor profundidade do dano dos frutos tratados, uma vez que o mesmo diminui a atividade da enzima polifenoloxidase (WATKINS, 2006).

Tabela 9 - Área escurecida no local do dano em maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada, e mais sete dias em condição ambiente.

Tratamento	Área escurecida no local danificado (cm ²)					
	----- Saída da câmara -----			----- Condição ambiente -----		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
----- 10 cm -----						
Controle	0,00	0,00	0,00b	0,00	0,00	0,00b
1-MCP	0,00	0,00	0,00b	0,00	0,00	0,00b
1-MCP + Dano	2,45	1,91	2,18a	2,07	2,22	2,14a
Dano + 1-MCP	2,50	2,19	2,34a	2,00	2,40	2,20a
Dano mecânico	2,52	3,65	3,09a	2,23	2,39	2,31a
Média	1,49A	1,55A		1,26A	1,40A	
CV%		44,75			19,05	
----- 20 cm -----						
Controle	0,00	0,00	0,00c	0,00	0,00	0,00c
1-MCP	0,00	0,00	0,00c	0,00	0,00	0,00c
1-MCP + Dano	3,47	3,32	3,39b	2,86	3,17	3,02b
Dano + 1-MCP	4,29	4,03	4,16a	3,54	3,80	3,67a
Dano mecânico	3,48	2,85	3,16b	3,55	3,62	3,58ab
Média	2,24A	2,03A		1,99A	2,12A	
CV%		12,84			17,03	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo nível de dano mecânico, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 10 - Profundidade de escurecimento no local do dano em maçãs 'Royal Gala' em função do dano mecânico e da aplicação do 1-MCP, armazenadas por dois e quatro meses em atmosfera refrigerada, e mais sete dias em condição ambiente.

Tratamento	Profundidade de escurecimento no local danificado (cm)					
	----- Saída da câmara -----			----- Condição ambiente -----		
	2 meses	4 meses	Média	2 meses	4 meses	Média
----- 10 cm -----						
Controle	0,00	0,00	0,00b	0,00Ab	0,00Ab	0,00
1-MCP	0,00	0,00	0,00b	0,00Ab	0,00Ab	0,00
1-MCP + Dano	0,27	0,27	0,27a	0,24Aa	0,25Aa	0,25
Dano + 1-MCP	0,30	0,33	0,31a	0,22Aa	0,28Aa	0,25
Dano mecânico	0,24	0,32	0,28a	0,22Ba	0,32Aa	0,27
Média	0,16A	0,18A		0,14	0,17	
CV%		15,74			15,04	
----- 20 cm -----						
Controle	0,00	0,00	0,00b	0,00	0,00	0,00c
1-MCP	0,00	0,00	0,00b	0,00	0,00	0,00c
1-MCP + Dano	0,49	0,39	0,44a	0,34	0,37	0,35b
Dano + 1-MCP	0,44	0,46	0,45a	0,41	0,37	0,39ab
Dano mecânico	0,45	0,42	0,43a	0,46	0,41	0,44a
Média	0,27A	0,25A		0,24A	0,23A	
CV%		12,23			17,77	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, em um mesmo nível de dano mecânico, não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

No experimento 2, o maior valor de área escurecida no local danificado foi encontrado no tratamento dano + 1-MCP, o que também foi observado em condição ambiente, porém, nesta avaliação, os frutos danificados sem 1-MCP não diferenciaram do tratamento dano + 1-MCP. Na saída da câmara, foi observado diferença na profundidade de escurecimento no local danificado somente entre os frutos danificados e não danificados, sem influência do uso do 1-MCP. Contudo, em condição ambiente, os frutos danificados sem 1-MCP apresentaram o maior valor de profundidade de escurecimento no local danificado (Tabela 10). A área e a profundidade de escurecimento no local danificado também estão relacionados ao dano nas membranas celulares, havendo a descompartimentação nas células perturbadas pelo impacto, ocorre a oxidação de compostos fenólicos e conseqüentemente o escurecimento (LEWIS et al., 2008).

Com o aumento do tempo de armazenamento de dois para quatro meses, houve redução na firmeza de polpa, nos frutos não tratados com 1-MCP, e da AT (Tabela 5, 6 e 7). Em tecidos de frutos imaturos há predominância em uma substância insolúvel denominada de protopectina, formada a partir da ligação de grupos carboxílicos com o cálcio (VIEITES et al., 2007), sendo que, com a maturação, ocorre liberação de cálcio e a solubilização da protopectina da parede celular, ocorrendo modificação na textura, que se torna gradualmente macia (CHITARRA & CHITARRA, 2005). A redução da AT com o avanço do armazenamento é um comportamento considerado normal, pois, o teor de ácidos orgânicos reduz em função da sua utilização como substrato para respiração (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Comportamento similar foi observado para o teor de SS (dados não apresentados).

Em ambos os experimentos, os frutos apresentaram, com o aumento no tempo de armazenamento, redução do escurecimento da polpa, evidenciado pelo acréscimo no índice de cor *L*. Contudo, no experimento 2, após sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente, somente o tratamento dano mecânico sem aplicação de 1-MCP demonstrou este comportamento (Tabela 8). O incremento no valor de *L*, com o aumento do período de armazenamento, sugere que os compostos responsáveis pelo escurecimento são metabolizados com o decorrer do tempo após a ocorrência do dano mecânico. O clareamento do tecido lesionado pode ser resultado da desidratação de células superficiais danificadas (AVENA-BUSTILLOS et al., 1994) ou devido a síntese de lignina (BOLIN & HUXSOLL, 1991).

3.5 CONCLUSÃO

O dano mecânico provoca escurecimento da polpa no local da lesão, porém não possui efeito sobre os demais atributos de qualidade. O 1-MCP contribui para manutenção da firmeza de polpa e da acidez titulável de maçãs 'Royal Gala', porém não reduz os efeitos do dano mecânico sobre o escurecimento da polpa, independente do momento da aplicação. Quanto maior a intensidade do dano mecânico, maiores são os efeitos sobre a perda de integridade dos tecidos da polpa. O avanço no armazenamento causa maior amadurecimento dos frutos, contudo reduz o escurecimento da polpa no local danificado.

4 AMADURECIMENTO E QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI SUPREMA’ SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE DANO MECÂNICO

4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do dano mecânico por impacto, compressão e corte sobre o amadurecimento e a qualidade de maçãs ‘Fuji Suprema’ mantidas em condição ambiente. Os tratamentos avaliados foram: controle (sem dano mecânico), dano mecânico por impacto, dano mecânico por compressão e dano mecânico por corte. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo utilizadas quatro repetições. Os frutos foram avaliados quanto à firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis, índice de cor *L* da epiderme e da polpa, ângulo ‘hue’ da casca e incidência de podridões. Os diferentes danos não influenciaram a firmeza de polpa e o ângulo ‘hue’ da casca. O dano por corte proporcionou frutos com menor acidez titulável, nove dias após a aplicação do dano. Frutos submetidos ao dano por impacto apresentaram maior teor de sólidos solúveis, quinze dias após a aplicação dos danos. Para o índice de cor *L* da polpa, os danos, por impacto e corte, causaram o menor valor em todas as avaliações, evidenciando o escurecimento da polpa. Contudo, este efeito não foi observado na epiderme. O tratamento com dano mecânico por corte apresentou todos os frutos podres aos nove dias após a aplicação dos danos. De maneira geral, pode-se concluir que os danos mecânicos, na intensidade testada, não afetam o amadurecimento dos frutos de maçã ‘Fuji Suprema’. Entretanto, os frutos submetidos ao dano por impacto e corte apresentam prejuízos a sua qualidade, pois apresentam a polpa escurecida no local do dano. Além disso, o dano por corte reduz a vida pós-colheita dos frutos facilitando a ocorrência de podridões.

Palavras-chave: *Malus domestica*. Injúria. Pós-colheita.

4.1.1 ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of mechanical damage by impact, compression and cut on the ripening and quality of 'Fuji Suprema' apples in ambient conditions. The treatments were: control (no mechanical damage) and mechanical damage by impact, compression and cut. The experimental design was completely randomized, with four replicates. Fruits were evaluated in terms of flesh firmness, titratable acidity, soluble solids content, *L* color index of the skin and flesh, hue angle (h°) of the skin and decay incidence after three, nine and fifteen days after the damages application. Different mechanical damages did not influence the flesh firmness and hue angle of the skin. Cut damage provided fruits with lower titratable acidity, nine days after damages application. Fruits submitted to damage by impact showed higher soluble solids content, 15 days after damages application. For the *L* color index of the flesh, cut and impact damages caused the smallest value in all evaluations, characterizing the flesh browning. However, this effect was not observed in the skin. Cut damage presented 100% of decay incidence to the nine days after mechanical damages application. In general, it can be conclude that the mechanical damages, in the tested intensity, do not affect the ripening of 'Fuji Suprema' apples. However, fruits submitted to cut and impact damages show loss quality, because they have flesh browning incidence in the damage place. Moreover, cut damage reduces postharvest life of fruits, facilitating decay incidence.

Keywords: *Malus domestica*. Injury. Postharvest.

4.2 INTRODUÇÃO

Os períodos de colheita e pós-colheita podem ser considerados como as etapas mais importantes do processo produtivo de fruteiras. Neste momento, o produto frutícola é submetido a uma série de efeitos mecânicos, que, dependendo da sensibilidade do fruto, poderão causar danos que levarão a perda de qualidade (BORDIN, 1998).

Os danos mecânicos podem ser ocasionados por impacto, compressão e corte (CHITARRA & CHITARRA, 2005), durante a colheita, transporte e classificação (DINTWA et al., 2008), sendo responsáveis por consideráveis perdas de qualidade na cadeia produtiva de frutos, desde o produtor até o consumidor. Os danos alteram as reações bioquímicas normais dos frutos, modificando a coloração e o sabor e diminuindo a vida pós-colheita (CHITARRA

& CHITARRA, 2005). Além de alterações bioquímicas e fisiológicas, os diferentes tipos de danos mecânicos provocam uma série de lesões, que podem facilitar o ataque de patógenos (ZEEBROECK et al., 2007).

Geralmente, os danos mecânicos desencadeiam processos que prejudicam a aparência dos frutos, os quais, na maioria dos casos, são descartados ou comercializados por valor reduzido. Segundo Kader et al. (2002), a qualidade visual é o principal atributo considerado pelos consumidores no momento de adquirir um determinado produto. Cliff et al. (2002) sugerem que o tamanho do dano não é o fator mais importante, e sim, o aspecto visual do fruto danificado. Em geral, estima-se que em produtos hortícolas os danos mecânicos representam 20 a 25% de perdas, dependendo da sensibilidade do produto e da intensidade do dano (VIGNEAULT et al., 2002). No entanto, dados recentes de distribuidores de maçãs demonstram que os danos mecânicos podem causar perdas acima de 50% (LEWIS et al., 2008).

Além do prejuízo ao aspecto visual do fruto, os danos podem induzir o aumento na taxa respiratória e produção de etileno em goiabas (MATTIUZ & DURIGAN, 2001a) e damascos (DE MARTINO et al., 2006), podendo reduzir o período de armazenamento. O etileno é responsável por inúmeras respostas fisiológicas, dentre elas o aumento na respiração e a indução do amadurecimento e senescência de frutos climatéricos (SAQUET & STREIF, 2002). O aumento na produção de etileno, após o ferimento, ocorre devido a alterações na estrutura da membrana plasmática, a qual responde com mudanças em suas características físicas induzindo a produção de etileno para tentar reparar os danos (VITTI et al., 2004).

Segundo Mencarelli et al. (1996), os danos por impacto são gerados durante a colheita e o manuseio pós-colheita, enquanto que os danos por compressão nos procedimentos de classificação e embalagem e os por corte em caixas de madeira. Durigan et al. (2005) e Kasat et al. (2007) identificaram que os danos por impacto provocaram a maior perda de qualidade em pêssgo e lima ácida 'Tahiti'. No entanto, Durigan & Mattiuz (2007a, 2007b) verificaram que além das injúrias provocadas pelo impacto, os danos por corte também contribuíram para perdas em abobrinhas e melancias. Em maçãs 'Gala', o dano mecânico por impacto, realizado após o armazenamento em atmosfera controlada, apesar de aumentar a atividade metabólica dos frutos e comprometer a qualidade dos frutos em função do escurecimento na região danificada, não acelerou o amadurecimento dos frutos (STEFFENS et al., 2008).

Atualmente, não existem informações sobre o efeito de diferentes tipos de dano mecânico em maçãs 'Fuji Suprema'. Deste modo, este trabalho objetivou avaliar o efeito dos

danos por impacto, compressão e corte sobre o amadurecimento e a qualidade de maçãs 'Fuji Suprema'.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Maçãs 'Fuji Suprema' foram colhidas em um pomar comercial no município de Vacaria, RS, acondicionadas em bandejas plásticas e transportadas até o Laboratório de Fisiologia e Pós-colheita da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Os tratamentos avaliados foram controle (sem dano mecânico), dano mecânico por impacto, dano mecânico por compressão e dano mecânico por corte. Os danos mecânicos por impacto e corte, foram aplicados no lado mais vermelho do fruto, em sua região equatorial, e o dano por compressão foi realizado em dois lados opostos dos frutos, sendo um na região mais vermelha e outro na mais amarela. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Os frutos do tratamento por impacto foram danificados através da queda livre dos mesmos a uma altura de 20 cm sobre uma superfície indeformável, com o auxílio de 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, fixada à uma haste de 1,20 m de altura. No orifício da tampa, há um tubo de PVC de 40 milímetros (mm), no qual está presa uma ventosa que permite a aderência do fruto através do processo de sucção. A base do equipamento consiste em uma chapa de ferro.

Após regulagem da altura de queda, a bomba foi ligada e, deste modo, os frutos permaneceram suspensos, presos à ventosa através da força gerada pelo vácuo. Com o desligamento da bomba, cessa o vácuo e ocorre 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, posteriormente, assinalado com caneta para retroprojeto na cor preta (marca Pilot, ponta de 2,0 mm), para identificação do local da lesão. Antes da aplicação do dano, os frutos foram pesados individualmente e separados por calibre, sendo regulada a altura de queda para cada calibre, os quais, depois de danificados foram homogeneizados igualmente entre os tratamentos.

Para os danos por compressão e corte utilizou-se um texturômetro eletrônico TAXT-plus (Stable Micro Systems Ltda.). O dano por compressão foi aplicado sobre os frutos através de uma plataforma com base de 75 mm diâmetro, exercendo uma força de 10 kg. O

dano mecânico por corte foi aplicado com o auxílio de uma lâmina de 3 mm de largura, a qual causou um corte de 3,5 mm de profundidade e 3,5 cm de comprimento. Depois de danificados, os frutos permaneceram por quinze dias em condição ambiente ($20\pm 1^\circ\text{C}$ e $65\pm 5\%$ de UR), sendo avaliados aos três, nove e quinze dias após a realização do dano, quanto aos atributos firmeza de polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), escurecimento da epiderme e da polpa (índice de cor L), ângulo 'hue' da casca e incidência de podridões.

Para medida da firmeza de polpa, removeu-se uma porção da epiderme e com auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro, fez-se a medida na região equatorial dos frutos e intermediária entre o dano e a oposta ao dano, para danos por impacto e corte, e intermediária entre os danos para o dano por compressão, sendo os resultados expressos em Newton (N).

Os valores de AT 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. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1, sendo os resultados expressos em $\text{meq } 100\text{mL}^{-1}$.

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

A determinação do índice de cor L da epiderme e da polpa, 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, sendo para o dano por corte, feita na região lesionada com a adjacente ao dano, uma vez que o bocal do colorímetro é maior que o tamanho do dano. A determinação da cor da epiderme (ângulo 'hue'; h°) que define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde, também foi efetuada com o colorímetro. As leituras foram realizadas na região equatorial, no lado menos vermelho dos frutos, oposto ao danificado no dano por impacto e corte, e no local menos vermelho entre os danos, nos frutos danificados por compressão.

A incidência de podridões foi avaliada pela contagem dos frutos afetados, que apresentaram lesões maiores do que 5 mm de diâmetro com características de ataque de patógenos e os resultados expressos em percentagem (%).

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Dados em percentagem foram transformados pela fórmula arco-seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$ antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na colheita, os frutos apresentavam firmeza de polpa de 70,46 N, AT de 5,21 meq 100 mL⁻¹, teor de SS de 16,4° Brix e valor *L* (para quantificar o escurecimento no local danificado após o impacto) de 39,31 para a epiderme e 78,21 para a polpa

Não se verificou, nas avaliações realizadas, efeito dos diferentes tipos de danos mecânicos sobre a firmeza de polpa (Tabela 11). Em pêssegos, submetidos a diferentes tipos de danos, foi observado maior perda de firmeza de polpa no dano por impacto (KASAT et al., 2007). Provavelmente, a diferença entre os resultados obtidos deve-se a intensidade do dano aplicado, já que, em pêssegos, foram realizadas duas quedas na altura de 120 cm e no presente trabalho uma queda a uma altura de 20 cm. Os resultados obtidos no presente trabalho concordam com Steffens et al., 2008, que em maçãs ‘Gala’, não verificaram diferença entre frutos não danificados e danificados por impacto a uma altura de 20 cm quanto à firmeza de polpa.

Para a AT não houve diferenças entre os tratamentos nas avaliações realizadas aos três e quinze dias e para o teor de SS aos três e nove dias (Tabela 11). Sanches et al. (2008), trabalhando com diferentes tipos de dano mecânico em abacate, não observaram comportamento diferenciado para AT e teor de SS em abacates danificados e não-danificados, fato também verificado para o teor de SS em pêssegos (KASAT et al., 2007) e abobrinha (DURIGAN & MATTIUZ, 2007a). Contudo, nove dias após a aplicação dos danos, os frutos danificados por corte apresentaram o menor valor de AT (Tabela 11). Mattiuz & Durigan (2001a) identificaram em goiabas, submetidas ao dano mecânico, os menores valores de AT nos frutos danificados, quando comparadas ao tratamento controle. Kasat et al. (2007) observaram menor AT em pêssegos submetidos a dano por corte e impacto. Os tratamentos apresentaram diferenças para o teor de SS na análise realizada quinze dias após a aplicação dos danos, sendo que os frutos submetidos ao dano por impacto possuíram o maior teor (Tabela 11). Mencarelli et al. (1996) observaram incremento no teor de SS em quivis danificados por impacto em relação aos frutos não danificados, justificando esse aumento como consequência da aceleração do amadurecimento.

Tabela 11 - Firmeza de polpa, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), e índice de cor *L* em maçãs 'Fuji Suprema' em função do dano mecânico durante quinze dias em condição ambiente.

Tratamentos	Firmeza de polpa (N)	AT (meq 100mL ⁻¹)	SS (°Brix)	<i>L</i> Epiderme (dano)	<i>L</i> Polpa (dano)	Podridões (%)
----- Três dias após a aplicação dos danos -----						
Sem dano	79,02a	4,66a	15,00a	38,02a	75,78a	0,00
Impacto	77,58a	4,70a	15,33a	39,08a	57,99c	0,00
Compressão	78,10a	4,74a	14,86a	37,99a	76,47a	0,00
Corte	72,24a	4,86a	14,60a	39,78a	69,14b	0,00
CV (%)	4,15	15,55	4,21	5,46	2,71	0,00
----- Nove dias após a aplicação dos danos -----						
Sem dano	68,92a	5,26a	16,06a	38,92a	79,47a	0,00b
Impacto	72,81a	4,62a	16,40a	39,30a	62,36b	0,00b
Compressão	70,95a	4,93a	16,30a	41,17a	80,18a	0,00b
Corte	69,18a	3,83b	14,93a	35,65a	53,14b	100,00a
CV (%)	2,20	6,36	4,88	6,68	5,21	0,00
----- Quinze dias após a aplicação dos danos -----						
Sem dano	60,01a	5,03a	17,46b	41,11a	80,07a	0,00
Impacto	60,28a	5,69a	18,40a	42,07a	68,72b	0,00
Compressão	61,66a	4,52a	17,46b	41,57a	78,50a	0,00
CV (%)	1,21	10,27	1,67	6,29	2,50	0,00

Médias não seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O ângulo 'hue' da casca não foi influenciado pelos danos mecânicos avaliados (dados não apresentados). O índice de cor *L* da epiderme, no local danificado, não apresentou diferença estatística entre tratamentos (Tabela 11). Para o índice de cor *L* da polpa, houve diferença em todas as avaliações, sendo que os frutos submetidos ao dano por corte e impacto apresentaram os menores valores de *L*. Contudo, aos três dias após a aplicação dos danos, os frutos do dano mecânico por impacto foram os que apresentaram o menor valor de *L*, seguidos pelos danificados por corte, os quais se diferenciaram estatisticamente dos frutos submetidos ao dano por compressão e dos frutos do controle (Tabela 11). O menor valor deste índice de cor demonstra um maior escurecimento da região lesionada. O fato do dano por compressão não causar o escurecimento da polpa pode estar associado à capacidade das células de se reorganizarem e assim, não serem rompidas. Quando os espaços intercelulares são suficientemente largos, como em maçãs, há espaço suficiente para que as células se reorientem quando comprimidas (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Com o rompimento das células, devido à magnitude da força empregada, ocorre o extravasamento do líquido celular e sua conseqüente exposição à ação enzimática, resultando em oxidação de compostos fenólicos a quinonas, o que leva ao aparecimento de pigmentos de coloração escura (RADI et

al., 1997), conforme observado na polpa dos frutos submetidos ao dano por impacto e corte. Mattiuz & Durigan, (2001b) também verificaram, em goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, escurecimento da polpa no local da lesão em frutos danificados. Da mesma maneira, maçãs ‘Granny Smith’(SAMIM & BANKS, 1993) e pêssegos ‘Aurora-1’ (KASAT et al. 2007) submetidos à aplicação de danos mecânicos por impacto apresentaram escurecimento do local lesionado

Aos nove dias após a aplicação dos danos, observou-se 100% de podridão nos frutos submetidos ao dano por corte (Tabela 11). Este resultado está de acordo com os obtidos por Durigan & Mattiuz (2007b), os quais observam que o dano por corte facilitou a deterioração da polpa de melancias. Isto sugere que a ruptura da epiderme, provocada por esse tipo de dano, é o principal fator responsável pelo expressivo aumento de ataque de organismos oportunistas, já que, depois de gerado o dano, o local do ferimento permanece exposto, sendo este, o ponto mais vulnerável para o ataque de patógenos (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Segundo Zeebroeck et al. (2007), após o ferimento há o ataque de patógenos devido ao rompimento das barreiras impostas pela epiderme dos frutos.

4.5 CONCLUSÃO

Os danos mecânicos por impacto, corte e compressão, na intensidade testada, não afetam o amadurecimento de maçãs ‘Fuji Suprema’. Os danos mecânicos por impacto e corte prejudicam a qualidade dos frutos, causando escurecimento na polpa no local lesionado. O dano por corte é o tipo de dano mais prejudicial, pois inviabiliza a comercialização após nove dias em temperatura ambiente, devido à incidência de podridões.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Em maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ os danos mecânicos, nas intensidades aplicadas, não apresentam efeito sobre a indução do amadurecimento.

Em maçãs ‘Fuji Suprema’ o dano por compressão, na intensidade aplicada, não causa escurecimento da epiderme e da polpa, contudo os danos por corte e impacto causam escurecimento da polpa no local danificado, prejudicando a qualidade do fruto, sendo o problema mais acentuado no dano por corte.

Em maçãs ‘Royal Gala’ o 1-MCP não reduz os efeitos do dano mecânico por impacto, independente do momento da aplicação, todavia proporciona melhor manutenção dos atributos de qualidade, especialmente quando mantida sob armazenamento refrigerado. A atmosfera controlada preserva a qualidade dos frutos, porém, sem efeito sinérgico com o 1-MCP.

Os efeitos do dano mecânico sobre a indução do amadurecimento e perda de qualidade em maçãs ‘Royal Gala’ e ‘Fuji Suprema’ não devem ser considerados como regra geral, pois, possivelmente a resposta ao dano envolve inúmeros fatores que não foram avaliadas no presente trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAR, I. T.; MITCHAM, E. J. Commercial handling influences quality and ripening of Bartlett pears. **California Agriculture**, Oakland, v.54, n.3, p.34-37, 2000.

ALVES, E. O. et al. Características físico-químicas de quivis 'Bruno' submetidos ao dano mecânico e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLGIA VEGETAL, 11., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2007a.

ALVES, E. O. et al. Alterações metabólicas no quivi cv. Bruno em função do dano mecânico e do tratamento com 1-metilciclopropeno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLGIA VEGETAL, 11., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2007b.

AVENA -BUSTILLOS, R.J. et al. Application of casein-lipid edible film emulsions to reduce white blush on minimally processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.4, n.4, p.319-329, 1994.

BARCHI, G. L. et al. Damage to loquats by vibration-simulating intra-state transport. **Biosystems Engineering**, London, v. 82, n. 3, p. 305–312, 2002.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.1-25, 2003.

BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C. Control of minimally processed carrot (*Dacus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.2, p.416-418, 1991.

BORDIN, M. R. Embalagem para frutas e hortaliças. In: Curso de atualização em tecnologia de resfriamento de frutas e hortaliças, 2, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1998. p.19-27.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçã 'Royal Gala' sob diferentes concentrações de etileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.1, p.39-41, 2000.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1415-1420, 2004.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã 'Gala' armazenada em atmosfera controlada associada a absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2151-2156, 2008.

BRAGA, L. R. **Características químicas e físicas de mamões do grupo 'Solo' submetidos a diferentes injúrias mecânicas**. 2004. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.

BRUMMELL, D. A.; HARPSTER, M. H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Molecular Biology**, Zurich, v.47, n.1-2, p.311–340. 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças – fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: EDUFLA, 2005. 875p.

CLIFF, M. et al. Use of digital images for evaluation of factors responsible for visual preference of apples by consumers, **Hortscience**, Alexandria, v.37, n.7, p.1127-1131, 2002.

CORRENT, A. R. et al. Efeito do 1- metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' em ar refrigerado e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.217-221, 2004.

DAL CIN, V. et al. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.42, n.2, p.125-133, 2006.

DE MARTINO, G. et al. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, n.1, p.38-47, 2006.

DINTWA, E. et al. Finite element analysis of the dynamic collision of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.49, n. 2, p.260-276, 2008.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H. Efeito de injúrias mecânicas na qualidade de abobrinhas armazenadas em condição ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.2, p.291-295, 2007a.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de melancias armazenadas em condição ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.2, p.296-300, 2007b.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.369-372, 2005.

GIRARDI, C. L. et al.. Conservação de caqui (*Diospyros kaki*, L.), cv. Fuyu, pela aplicação de 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.54-56, 2003.

HENZ, G. P. et al. Danos causados pelo impacto de queda na qualidade pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.881-886, 2005.

JACOMINO, A. P. et al. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, Piracicaba v.59, n.2, p.303-308, 2002.

KAAYA, A. N.; NJOROGI, C. K. The effect of physical damage on respiration, chemical and physical parameters in tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, Kenya, v.4, n.2, 2004. Disponível em:<<http://www.ajfand.net/Issue-VII-files/IssueVII-Peer%20Reviewed%20Article%20%20Njoroge.htm>>. Acesso em: 15 de maio de 2008

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. 535p.

KASAT, G. F. et al. Injúrias mecânicas e seus efeitos em pêssegos 'Aurora-1'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.318-22, 2007.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p

LEWIS, R. et al. Characterising pressure and bruising in apple fruit. **Wear**, Amsterdam, v. 264, n.1-2, p.37-46, 2008.

LINDEM, V. V. et al. Effect of mechanical impact bruising on polygalacturonase and pectinmethylesterase activity and pectic components in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.47, n.1, p.98-106, 2008.

LUENGO, R. F. A. et al. Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização. **Horticultura Brasileira**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 704-707, 2003.

MAGALHÃES, A. D. et al. Superfícies protetoras na diminuição de danos mecânicos em tomate de mesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.878-881, 2007.

MAIA, V. M. **Alterações morfoanatômicas, físicas e metabólicas em bananas ‘Prata Anã’ induzidas por danos mecânicos**. Viçosa, MG: UFV, 2005.119p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B. C. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.96, n.1-4, p.91-101, 2002.

MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.277-281, 2001a.

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**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.282-287, 2001b.

MENCARELLI, F.; MASSANTINI, R.; BOTONDI, R. Influence of impact surface and temperature on the ripening response of kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.8, n.3, p.165–177, 1996.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.385-388, 2000.

MORETTI, C. L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 531p.

OLIVEIRA, F. E. R. et al. Firmeza de pêssegos ‘Diamante’ tratados com 1-MCP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.366-368, 2005.

PANG, D. W. et al. Rapid assessment os the susceptibility of apples to bruising. **Journal of Agricultural Engeniring Research**, Amsterdam, v.64, n.1, p.37-48, 1996.

PEREZ, L. H. Produção e comércio internacional de maçã, 2003 a 2005. **Toda Fruta**, 2006. Capturado em 24 abr. 2007. Online. Disponível em:
http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=13795

QUINTANA, M.E.G.; PAULL, R.E. Mechanical injury during postharvest handling of 'Solo' papaya fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, n.5, p.618-22, 1993.

RAGNI; L.; BERARDINELLI, A. Mechanical behaviour of apples, and damage during sorting and packaging. **Journal of Agricultural Engeniring Research**, Amsterdam, v.78, n.3, p.273-279, 2001.

RADI, M.; MAHROUZ, M., JAQUAD, A. Phenolic composition, browning succceptibilit, and carotenoid content of Reveral apricot cultivars at maturity. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.6, p.1087-1091, 1997.

SAMIM, W.; BANKS, N. H. Colour changes in bruised apple fruit disuse. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v.21, n.4, p.367-72, 1993.

SANCHES, J.; DURIGAN, J. F.; DURIGAN, M. F. B. Aplicação de danos mecânicos em abacates e seus efeitos na qualidade dos frutos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.164-175, 2008.

SANTOS, L. C. dos et al. Danos mecânicos e seus efeitos na qualidade pós-colheita de caquis taninosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória, ES. **Anais....** Vitória, ES: SBF, 2008. CD-ROM.

SAQUET, A. A.; STREIF, J. Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.1, p.71-75, 2002.

SCHWARZ, L. L. et al. Qualidade pós-colheita de pêssegos 'Chiripá' de vez e maduros submetidos a impactos In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória, ES. **Anais....** Vitória, ES : SBF, 2008. CD-ROM.

SILVA, J. L. O.; CALBO, A. G. An apparatus to study compression stress in fruits and vegetables. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.5, p.737-742, 1992.

STEFFENS, C. A. et al. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs “Gala” em função do dano mecânico por impacto e da aplicação de 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1864-1870, 2008.

VIEITES, R. L. et al. Qualidade do melão ‘Orange Flesh’ minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.3, p.409-416, 2007.

VIGNEAULT, C.; BORDINT, M. R.; ABRAHÃO, R. F. Embalagem para frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, p.95-121.

VITTI, M. C. D. et al.. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.10, p.1027-1032, 2004.

WATKINS, C. B.; NOCK, J. F.; WHITAKER, B. D. 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, n.1, p.17-32, 2000.

WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Kidlington, v.24, n.4, p.389-409, 2006.

WILLS, R. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. New York: CAB International, 1998. 262p.

ZEEBROECK, M. V. et al. Impact damage of apples during transport and handling. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.45, n.2, p.157-167, 2007.