

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

MARIUCCIA SCHLICHTING DE MARTIN

MANEJO PÓS-COLHEITA DE PERAS ‘ROCHA’

**LAGES, SC
2013**

MARIUCCIA SCHLICHTING DE MARTIN

MANEJO PÓS-COLHEITA DE PERAS ‘ROCHA’

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens

Co-orientadores: Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Prof. Dr. Auri Brackmann

**LAGES, SC
2013**

MARIUCCIA SCHLICHTING DE MARTIN

MANEJO PÓS-COLHEITA DE PERAS ‘ROCHA’

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Cristiano André Steffens
CAV/UEDESC

Co-orientador:

Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do
Amarante
CAV/UEDESC

Membro:

Prof. Dr. Auri Brackmann
UFSM

Lages, 26 de julho de 2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, que atendeu minhas preces todas as noites quando pedia força e sabedoria para concretizar meus objetivos.

Ao professor Dr. Cristiano André Steffens, pela oportunidade de realização do mestrado sob sua orientação, por tudo o que me ensinou e continua ensinando, sempre me apontando o melhor caminho a seguir. Sou grata por toda a sua paciência, por suas ideias, pelas críticas construtivas e por toda a sua dedicação no decorrer desses dois anos.

Ao professor Cassandro Vidal Talamini do Amarante, agradeço pelos excelentes ensinamentos a mim repassados, sempre disposto a ensinar e contribuir em todos os trabalhos, com muita dedicação e sabedoria.

Ao professor Auri Brackmann e toda a equipe da UFSM, pela parceria nos trabalhos, comprometimento e colaboração, em especial aos colegas Wanderlei Linke e Vanderlei Both.

A toda a equipe do laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV, aos pós-graduandos Marcos, Mayara, Thalita, Crizane, Vinicius, Cristina, João Paulo, Aline, Aquidauana e Milton e aos bolsistas Marília, Vinicio, Francielle, Róger e Renan por todo o auxílio, amizade e companheirismo nesses dois anos de Mestrado. Vocês partilham comigo desta conquista.

Ao meu pai Alexandre, por sempre ter me apoiado e ter sido para mim um grande exemplo e motivo de orgulho. A minha mãe Adriana, a quem me falta palavras para dizer o quanto amo e admiro, e o quanto sou grata por todo o seu apoio e dedicação. As minhas irmãs Eugenia e Nivia, agradeço por todo o companheirismo e por todas as risadas que me fizeram superar momentos difíceis.

A toda minha família, meus avós, primos e tias por todo seu apoio e carinho, em especial ao meu avô José De Martin e a minha tia Miriam, que sempre me apoiaram e serviram de exemplo na minha carreira.

A todos os meus amigos que conheci durante o mestrado, em especial a Cristina e Kristiana, e aos bons e velhos amigos, Aline, Maria Cecília, Marco André, Tiago e Evandro, pela parceria, por sempre me apoiarem e por terem me proporcionado muitas alegrias durante esse período.

Ao meu namorado Eduardo pelos bons momentos e por tudo o que enfrentamos juntos. Agradeço por toda a cumplicidade e por me fazer uma pessoa melhor.

RESUMO

MARTIN, Mariuccia Schlichting De. **MANEJO PÓS-COLHEITA DE PERAS 'ROCHA'**. 2013. 70 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes técnicas para indução do amadurecimento e do armazenamento em atmosfera controlada sobre a qualidade de peras 'Rocha', bem como avaliar a relação dos nutrientes Ca, Mg, K e suas relações com a suscetibilidade dos frutos ao escurecimento de polpa. Foram realizados três experimentos independentes. O primeiro experimento teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes períodos de choque de frio e da aplicação de etileno sobre a qualidade e o amadurecimento de peras 'Rocha'. Na safra 2010/2011, foram avaliados quatro períodos de choque de frio a 3°C, sendo eles zero (controle), 14, 28 e 42 dias, e o efeito da aplicação de 100 ppm de C₂H₄ por um e por dois dias. Na safra 2012/2013 foram testados cinco períodos de choque de frio a 3°C, sendo eles: zero, 15, 30, 45 e 60 dias. O segundo experimento teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes condições de atmosfera controlada (AC) e da indução de perda de massa (IPM) sobre a qualidade de peras 'Rocha'. Frutos provenientes do município de São Joaquim, SC, foram armazenados por oito meses e quinze dias a -0,5±0,1°C e UR de 96±1%. As condições de armazenamento avaliadas foram: 21,0 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂ (AR); 1 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂; 2,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂; 1,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂; 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂; e 1 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ + IPM de 2,6%. O terceiro experimento objetivou avaliar a relação dos teores de Ca, Mg, K e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca na polpa com a incidência e severidade de escurecimento de polpa em peras 'Rocha' submetidas a altas pressões parciais de CO₂ (20 kPa) e baixas pressões parciais de O₂ (<0,4 kPa). O aumento do período de choque de frio proporcionou aos frutos maior amarelecimento da casca e aumento das taxas respiratória e de produção de etileno. No experimento 1, todos os tratamentos para indução do

amadurecimento apresentaram menor firmeza de polpa e de força para penetração da polpa em relação ao controle, desenvolvendo textura amanteigada após sete dias em condições ambiente. O choque de frio por 15 dias a 3°C e a aplicação de 100 ppm de C₂H₄ por dois dias foram as condições mais indicadas para induzir o amadurecimento de peras 'Rocha'. No experimento 2, o armazenamento refrigerado propiciou frutos com casca mais amarela, menor teor de sólidos solúveis, menor acidez titulável e baixa aceitação nos testes sensoriais. Os frutos mantidos em AR e em AC com pressão parcial de CO₂ de <0,03 kPa apresentaram maior firmeza de polpa e de força para penetração da polpa após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente, não desenvolvendo textura amanteigada própria para o consumo. As condições de AC de 1,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂ e 1 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ proporcionaram melhor manutenção da qualidade de peras 'Rocha', permitindo o amadurecimento normal dos frutos após o armazenamento prolongado. Os teores de Ca, Mg, K e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca não apresentaram clara relação com o escurecimento de polpa em peras 'Rocha'.

Palavras-chave: *Pyrus communis*. Choque de Frio. Textura. Atmosfera Controlada. Composição Mineral.

ABSTRACT

MARTIN, Mariuccia Schlichting De. **Postharvest handling of 'Rocha' pears**. 2013. 70 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

The aim of this study was to evaluate the effect of different techniques for inducing maturation and controlled atmosphere storage on the quality of 'Rocha' pears, as well as evaluating the relationship of Ca, Mg, K, and its relations with the susceptibility of fruits to internal browning. Three independent experiments were performed. The first experiment aimed to evaluate the effect of different periods of chilling and application of ethylene on quality and ripening of 'Rocha' pears. In the 2011/2012 season four periods of chilling at 3°C were evaluated, namely zero (control), 14, 28 and 42 days, and the effect of 100 ppm of C₂H₄ by one and two days. In the 2012/2013 season five periods of chilling at 3°C were evaluated as follows: zero, 15, 30, 45 and 60 days. The second experiment aimed to evaluate the effect of different conditions of controlled atmosphere (CA) and inducing of mass loss (IML) on the quality of 'Rocha' pears. The fruits were from São Joaquim, SC, and were stored for eight months and fifteen days at -0.5 ± 0.1 °C and 96±1% RH. The storage conditions evaluated were: 21.0 kPa O₂ + <0.03 kPa CO₂ (RA), 1.0 kPa O₂ + <0.03 kPa CO₂, 2.0 kPa O₂ + 1.0 kPa CO₂, 1.0 kPa O₂ + 1.0 kPa CO₂, 1.0 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂, and 1.0 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂ + IML 2.6%. The third experiment aimed to evaluate the relationship of the mineral content of the flesh. The third experiment aimed to evaluate the relationship of Ca, Mg, K and relationships K/Ca and (K+Mg)/Ca in the pulp with the incidence and severity of internal browning in 'Rocha' pears submitted at high CO₂ partial pressures (20 kPa) and low O₂ partial pressures (<0.4 kPa). The increase in the chilling period provided a higher yellowing of the fruit skin and increased rates of respiration and ethylene production. In experiment 1, all treatments for induction of ripening showed lower flesh firmness and force required to penetrate the flesh compared to control, developing buttery texture after seven days at ambient conditions. Chilling for 15 days at 3°C and the application of 100 ppm

of C₂H₄ for two days were the most appropriate conditions to induce ripening in the 'Rocha' pears. In experiment 2, storage in RA provide fruits with yellower skin, lower soluble solids content, lower titratable acidity and lower acceptance in sensory tests. The fruits stored in RA and CA with <0.03 kPa partial pressure showed higher flesh firmness and force required to penetrate the flesh after seven days of shelf life, not developing buttery texture suitable for consumption. The CA conditions of 1.0 kPa O₂ + 1.0 kPa CO₂ and 1.0 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂ provided better quality of 'Rocha' pears, allowing a normal ripening fruit after extended storage. The Ca, Mg and K contents and K/Ca and (K+Mg)/Ca relationships had no clear relation with the susceptibility of 'Rocha' pears to internal browning.

Key-words: *Pyrus communis*. Chilling. Texture. Controlled Atmosphere. Mineral Composition.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1– Forças para ruptura da casca e penetração da polpa, firmeza de polpa, acidez titulável e teor de sólidos solúveis de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de choque de frio e de exposição ao etileno e avaliadas após sete dias em condições ambiente. Experimento 1..... 30
- Tabela 2– Cor da casca, forças para ruptura da casca e penetração da polpa e firmeza de polpa de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes condições de armazenamento, por oito meses e quinze dias, seguidos de zero (saída da câmara) e sete dias de em condições ambiente..... 42
- Tabela 3– Acidez titulável, sólidos solúveis, taxa de produção de etileno e taxa respiratória em peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes condições de armazenamento, por oito meses e quinze dias, seguidos de zero (saída da câmara) e sete dias em condições ambiente..... 45
- Tabela 4– Escores médios dos atributos sensoriais de peras ‘Rocha’ armazenadas em diferentes condições de armazenamento por oito meses e quinze dias e avaliadas após sete dias em condições ambiente. 47
- Tabela 5– Concentrações de Ca, Mg, e K (mg kg^{-1} de massa fresca), e valores das relações K/Ca e (K+Mg)/Ca na polpa, em peras ‘Rocha’ com e sem escurecimento de polpa, após serem submetidas a condições de alto CO_2 e de baixo O_2 56
- Tabela 6– Concentrações de Ca, Mg e K (mg kg^{-1} de massa fresca), e valores das relações K/Ca e (K+Mg)/Ca na polpa, em peras ‘Rocha’ com diferentes níveis severidade de escurecimento de polpa, após serem submetidas a condições de alto CO_2 e de baixo O_2 57

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Taxa de produção de etileno em peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de exposição ao etileno e ao choque de frio de 3°C e avaliadas durante sete dias em condições ambiente. As barras verticais, no interior de cada gráfico, representam as diferenças mínimas significativas entre tratamentos, calculadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Experimento 1. 25
- Figura 2 – Taxa respiratória de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de exposição ao etileno e ao choque de frio de 3°C e avaliadas durante sete dias em condições ambiente. As barras verticais, no interior de cada gráfico, representam as diferenças mínimas significativas entre tratamentos, calculadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Experimento 1. 26
- Figura 3 – Cor da casca de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de exposição ao etileno e ao choque de frio de 3°C e avaliadas durante sete dias em condições ambiente. As barras verticais, no interior de cada gráfico, representam as diferenças mínimas significativas entre tratamentos, calculadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Experimento 1. 27
- Figura 4 – Cor da casca (A), firmeza de polpa (B), força para ruptura da casca (C), força para penetração da polpa (D) acidez titulável (E) e sólidos solúveis (F) de peras ‘Rocha’ na saída da câmara e após sete dias em condições ambiente em função do período de choque de frio de 3°C. Experimento 2. 29

ABREVIACOES

°Brix	graus Brix
°C	graus Celsius
AC	atmosfera controlada
AR	armazenamento refrigerado
AT	acidez titulável
Ca	Cálcio
CaCl ₂	cloreto de cálcio
cm	centímetros
CO ₂	dióxido de carbono
CV	coeficiente de variação
g	grama
h	hora
<i>h</i> ^o	ângulo 'hue'
IPM	Indução de perda de massa
kg	quilograma
kPa	quilo Pascal
L	litro
m	metro

mg	miligrama
Mg	Magnésio
mL	mililitro
mm	milímetro
mMol	milimolar
min	minuto
m ³	metro cúbico
N	Newton (unidade de firmeza de polpa)
N	Normal (concentração de solução química)
N ₂	Nitrogênio
ηmol	nanomolar
NaOH	hidróxido de sódio
O ₂	Oxigênio
p	probabilidade
pH	potencial hidrogeniônico
ppm	partes por milhão
S	Sul
SC	Santa Catarina
s	segundo

SS	sólidos solúveis
t	toneladas
UR	umidade relativa do ar
W	Oeste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	INDUÇÃO DO AMADURECIMENTO DE PERAS ‘ROCHA’ PELA EXPOSIÇÃO À BAIXA TEMPERATURA E APLICAÇÃO DE ETILENO.....	19
2.1	RESUMO.....	19
2.2	ABSTRACT.....	19
2.3	INTRODUÇÃO.....	20
2.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
2.6	CONCLUSÕES.....	33
3	QUALIDADE DE PERAS ‘ROCHA’ ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA.....	34
3.1	RESUMO.....	34
3.2	ABSTRACT.....	34
3.3	INTRODUÇÃO.....	35
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.6	CONCLUSÕES.....	48
4	RELAÇÃO ENTRE O ESCURECIMENTO DE POLPA E A COMPOSIÇÃO MINERAL DE PERAS ‘ROCHA’	50
4.1	RESUMO.....	50
4.2	ABSTRACT.....	50
4.3	INTRODUÇÃO.....	51
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.6	CONCLUSÃO.....	58
5	CONCLUSÕES GERAIS.....	59
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

As peras europeias (*Pyrus communis*) apresentam formato piriforme e polpa amanteigada quando bem maduras, sendo o tipo de pera mais consumida no Brasil atualmente (FAORO; ORTH, 2010). A pera ‘Rocha’ é um exemplo de cultivar europeia que apresenta coloração verde e a presença de “russeting” característico na região do pedúnculo. Esta cultivar apresenta alta aceitação comercial devido às suas características organolépticas, além de possuir excelente qualidade nutricional e alta capacidade de armazenamento (GALVIS-SANCHEZ et al., 2003; SALTA et al., 2010).

A produção brasileira de pera, em 2011, foi de 20.532 toneladas, numa área colhida de aproximadamente 1.750 hectares, com produtividades médias de $11,7 \text{ t ha}^{-1}$ (FAO, 2011). Como a produção no Brasil é muito baixa, apesar do grande mercado consumidor interno existente, cerca de 90% das peras consumidas no país são importadas. Essas quantidades representam a maior percentagem no total dos frutos *in natura* importados pelo Brasil: 54,8% da quantidade e 49,6% do valor (FAORO; ORTH, 2010). Dentre os inúmeros entraves para o desenvolvimento da cultura no país, pode-se citar a falta de conhecimentos e de tecnologias relacionadas ao armazenamento e ao manejo pós-colheita dos frutos.

As peras europeias não adquirem uma qualidade apropriada para o consumo ainda na planta, necessitando de determinados tratamentos pós-colheita para induzir o amadurecimento dos frutos e proporcionar características organolépticas adequadas para o consumo (SUGAR; BASILE, 2009; SUGAR; BASILE, 2013). Contudo, na tentativa de disponibilizar o produto o mais breve possível no mercado, é muito comum que os produtores comercializem os frutos logo após a colheita, sem submetê-los a nenhum tratamento. Desta forma, as peras produzidas no Brasil são normalmente comercializadas ainda verdes, com baixo teor de açúcar e com uma textura firme e pouco suculenta.

Existem basicamente dois métodos para indução do amadurecimento em peras: o choque de frio e a aplicação de etileno. O choque de frio consiste na exposição dos frutos à baixa temperatura, mediante o armazenamento em câmara fria. Durante a exposição à baixa temperatura, as peras desenvolvem a capacidade de produzir etileno a uma taxa suficiente para ativar e completar o processo de amadurecimento, adquirindo textura amanteigada e suculenta (MURAYAMA et al., 1998). O tempo de frio requerido pelos frutos

depende de fatores como cultivar, localização do pomar, estádio de maturação dos frutos no momento da colheita e também da temperatura utilizada no processo (SUGAR; BASILE, 2006; SUGAR; EINHORN, 2011).

Para peras ‘Rocha’ produzidas em Portugal, o período de choque de frio recomendado é de aproximadamente 60 dias a 0°C (FONSECA et al., 2005). Contudo, de acordo com alguns autores, o aumento da temperatura utilizada no choque de frio pode reduzir o tempo de armazenamento requerido para induzir o amadurecimento dos frutos (MITCHAM et al., 2000; SUGAR; EINHORN, 2011), o que pode ser desejado por possibilitar aos produtores disponibilizar o produto mais rapidamente no mercado.

O amadurecimento de peras europeias também pode ser induzido pela aplicação de etileno. Para peras ‘Rocha’ a aplicação de 100 ppm de C_2H_4 induz o amadurecimento, proporcionando o desenvolvimento de textura amanteigada e aroma característico (FONSECA et al., 2005). Porém, a eficiência na indução do amadurecimento também depende do clima e local de crescimento dos frutos, da cultivar, do ponto de colheita, da temperatura de aplicação e do período de exposição dos frutos ao C_2H_4 (SUGAR; BASILE, 2013).

A maior parte das peras produzidas no Brasil tem sua comercialização concentrada entre os meses de fevereiro e abril (FAORO; ORTH, 2010), sendo que apenas uma fração dos frutos é armazenada em câmara fria. Contudo, o armazenamento refrigerado (AR) por longos períodos pode proporcionar perda de qualidade e menor aceitação comercial, além de elevadas perdas quantitativas devido à incidência de podridões. Por outro lado, o armazenamento em atmosfera controlada (AC) mantém a qualidade dos frutos por períodos mais prolongados, pois permite controlar, além da temperatura e umidade relativa, as pressões parciais de O_2 e de CO_2 no ambiente de armazenamento.

A redução das pressões parciais de O_2 e o aumento das pressões parciais de CO_2 durante o armazenamento diminuem a atividade respiratória e a síntese e ação de etileno, reduzindo também, em consequência disto, outros processos como, por exemplo, a perda de firmeza de polpa, o consumo de ácidos e as mudanças na coloração dos frutos (WEBER et al., 2013). Contudo, o armazenamento sob condições impróprias pode ocasionar uma série de desordens em peras, que incluem a perda da capacidade de desenvolver textura amanteigada, perda de qualidade sensorial e também a incidência de distúrbios

fisiológicos, como o escurecimento de polpa (DRAKE et al., 2001; SAQUET; STREIF, 2006; FRANCK et al., 2007).

A indução da perda de massa (IPM) é uma técnica complementar aos sistemas de armazenamento que pode auxiliar na manutenção da qualidade de peras ‘Rocha’ armazenadas em AC. Apesar de ainda não ter sido estudada em peras europeias, a IPM apresenta benefícios no armazenamento de maçãs, como o retardo do amadurecimento e redução na incidência de distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2007; WEBER et al., 2013).

O escurecimento de polpa é caracterizado pela presença de manchas escurecidas e pela formação de cavidade no interior da polpa de peras (LAMMERTYN et al., 2003; FRANCK et al., 2007). Este distúrbio fisiológico normalmente está associado a altas pressões parciais de CO₂ ou baixas pressões parciais de O₂ no armazenamento. Porém, esta sensibilidade ao alto CO₂ ou mesmo ao baixo O₂ pode estar relacionada a diversos fatores pré-colheita, como a nutrição mineral dos frutos.

A suscetibilidade de maçãs ao desenvolvimento de distúrbios fisiológicos, como a degenerescência de polpa tem sido relacionada à composição mineral dos frutos (NEUWALD et al., 2008; CORRÊA et al., 2012). Todavia, o cálcio é o elemento mais comumente associado à qualidade de frutos e a ocorrência de desordens fisiológicas, pois o mesmo exerce um importante papel na permeabilidade seletiva, na estruturação e na funcionalidade das membranas celulares (FREITAS et al., 2010; MIQUELOTO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013). Corrêa (2010) observou que em maçãs ‘Fuji’ a incidência e a severidade de degenerescência de polpa apresentam relação inversa com concentração de Ca na polpa dos frutos. Além disso, altos teores de K e Mg também podem estar associado à ocorrência de escurecimento de polpa, uma vez que estes elementos competem pelos mesmos sítios de ligação do Ca na membrana plasmática, apesar de ambos não desempenharem a mesma função na manutenção de integridade e estrutura de membranas (FREITAS et al., 2010). Além do efeito que cada nutriente pode exercer sobre o escurecimento da polpa, a relação entre as concentrações de nutrientes também pode influenciar a predisposição dos frutos ao desenvolvimento de distúrbios fisiológicos (CORRÊA, et al., 2012; SILVEIRA et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes métodos para indução do amadurecimento e ao armazenamento em atmosfera controlada, bem

como verificar a relação entre a o escurecimento de polpa e a composição mineral dos frutos.

2 INDUÇÃO DO AMADURECIMENTO DE PERAS ‘ROCHA’ PELA EXPOSIÇÃO À BAIXA TEMPERATURA E APLICAÇÃO DE ETILENO

2.1 RESUMO

A pera ‘Rocha’ não alcança a maturidade para consumo na planta, necessitando de tratamentos pós-colheita para completar o processo de amadurecimento. O objetivo deste trabalho foi testar o efeito da aplicação de etileno e do choque de frio a 3°C sobre o amadurecimento e a qualidade de peras ‘Rocha’. Foram conduzidos dois experimentos, com frutos provenientes de um pomar comercial localizado em Vacaria, RS. No experimento 1, foram avaliados quatro períodos de choque de frio, sendo eles zero (controle), 14, 28 e 42 dias, e o efeito da aplicação de 100 ppm de C₂H₄ por um e por dois dias. No experimento 2, foram testados cinco períodos de choque de frio, sendo eles: zero, 15, 30, 45 e 60 dias. Para o experimento 1, o aumento do período de choque de frio de 14 para 28 dias proporcionou aos frutos maior amarelecimento da casca e aumento das taxas respiratória e de produção de etileno. Todos os tratamentos apresentaram menor firmeza de polpa e de força para penetração da polpa em relação ao controle, apresentando textura amanteigada após sete dias em condições ambiente. No experimento 2, a firmeza de polpa, força para penetração da polpa, cor verde da casca e AT reduziram com o aumento do período de choque de frio. O teor de SS teve um incremento com o aumento do período de choque de frio, tendendo a decrescer aos 60 dias. O choque de frio por 15 dias a 3°C e a aplicação de 100 ppm de C₂H₄ por dois dias são indicados para induzir o amadurecimento de peras ‘Rocha’.

Palavras-chave: *Pyrus communis*, choque de frio, firmeza de polpa, pós-colheita.

2.2 ABSTRACT

‘Rocha’ pear does not reach maturity for consumption on the tree, requiring postharvest treatments to complete the ripening process. The aim of this study was to evaluate the effect of ethylene and chilling at 3°C on the ripening and quality of ‘Rocha’ pears. Two experiments were conducted, with fruits from a commercial orchard located in

Vacaria, RS. In experiment 1, we evaluated four periods of chilling, namely zero (control), 14, 28 and 42 days, and the effect of 100 ppm of C_2H_4 by one and two days. In experiment 2, we evaluated five periods of chilling, namely: zero, 15, 30, 45 and 60 days. For experiment 1, increasing the period of chilling from 14 to 28 days provided the largest fruit yellowing of the skin and increased rates of respiration and ethylene production. All treatments had lower firmness and strength to penetrate the pulp compared to the control treatment, showing buttery texture after seven days of shelf life. In experiment 2, the flesh firmness, the strength to penetrate the pulp, green skin and titratable acidity decrease with the increase of the period of chilling. The soluble solids contend increase with increasing storage, tending to decline after 60 days. All treatments had scores above the term “liked” of the scale of sensory evaluation for texture and sweetness/acidity, showing similar scores to texture. The chilling of 15 days at 3°C and the application of 100 ppm of C_2H_4 by one or two days are indicated for induce ripening of ‘Rocha’ pears.

Key-words: *Pyrus communis*, chilling, flesh firmness, postharvest.

2.3 INTRODUÇÃO

A pera ‘Rocha’ é uma cultivar do tipo europeia (*Pyrus comunis*) que apresenta boas características organolépticas e boa aceitação comercial. Assim como as demais cultivares europeias, a pera ‘Rocha’ não é capaz de atingir uma qualidade própria para o consumo ainda na planta, necessitando de determinados tratamentos pós-colheita para completar o processo de amadurecimento (VILLALOBOS-ACUNA; MITCHAM, 2008; SUGAR; BASILE, 2009).

Quando é comercializada logo após a colheita, a pera europeia não apresenta um amadurecimento adequado, sendo incapaz de desenvolver uma textura amanteigada e succulenta (COUTINHO et al., 2003). Sendo assim, a maturação ideal para a colheita da pera ‘Rocha’ é definida como o ponto a partir do qual o fruto é capaz de evoluir para uma qualidade ideal de consumo, quando fornecidas condições pós-colheita apropriadas, como baixa temperatura ou aplicação de etileno, seguidas por um número variável de dias à temperatura ambiente (SUGAR; BASILE, 2009; SUGAR; BASILE, 2013).

Durante a exposição à baixa temperatura, as peras desenvolvem a capacidade de produzir etileno a uma taxa suficiente para ativar e completar o processo de amadurecimento (BLANKENSHIP; RICHARDSON, 1985; MURAYAMA et al., 1998). Esse método de indução da capacidade de amadurecimento é normalmente conhecido como “choque de frio” (VILLALOBOS-ACUÑA; MITCHAM, 2008). O tempo de choque de frio necessário varia conforme a cultivar, sendo dependente também do estágio de maturação em que o fruto foi colhido e da temperatura utilizada no processo (SUGAR; BASILE, 2006; SUGAR; EINHORN, 2011).

Em peras ‘Comice’ e ‘Bosc’, colhidas durante a maturação comercial, são necessários 30 e 15 dias, respectivamente, de choque de frio a -1°C para induzir o amadurecimento dos frutos e permitir que eles atinjam uma textura adequada para o consumo (SUGAR; BASILE, 2009). Já para peras ‘Packham’s Triumph’, colhidas em uma firmeza de polpa de 72 N, o tempo mínimo de choque de frio para induzir o amadurecimento a -1°C seria de 20 dias (SEIBERT et al., 2000). De acordo com Fonseca et al. (2005), após 60 dias de armazenamento a 0°C , peras ‘Rocha’ apresentam um amadurecimento normal e uniforme, produzindo aroma característico e desenvolvendo textura amanteigada.

A redução do período de choque de frio requerido para induzir o amadurecimento é desejada, uma vez que permite aos produtores disponibilizar o produto mais rapidamente no mercado. Alguns autores verificaram que a utilização de temperaturas intermediárias no choque de frio, como de 5°C ou 10°C , induz peras ‘d’Anjou’ e ‘Bartlett’ a produzir etileno mais rapidamente em relação a temperaturas de 0°C , ou inferiores (GERASOPOULOS; RICHARDSON, 1999; MITCHAM et al., 2000). Trabalhando com peras ‘d’Anjou’ colhidas com uma firmeza de polpa de 66 N, Sugar e Einhorn (2011) verificaram que o período ideal de choque de frio a $-0,5^{\circ}\text{C}$ foi de 60 dias, enquanto que a 5°C o período de choque de frio foi reduzido para 30 dias. Apesar de estes antecedentes terem demonstrado resultados promissores, inexistem estudos que avaliem temperaturas superiores a 0°C no choque de frio para indução do amadurecimento de peras ‘Rocha’.

A aplicação de etileno também pode ser utilizada comercialmente para induzir o amadurecimento de peras europeias. Nas cultivares d’Anjou, Bartlett e Conference, a aplicação de etileno após a colheita ativa o amadurecimento, ocasionando frutos com desenvolvimento de textura amanteigada e aroma característico (PUIG et al., 1996; CHEN et al., 1997; CHIRIBOGA et al., 2011). Em peras

‘Rocha’, Fonseca et al. (2005) observaram que a aplicação de 100 ppm de C_2H_4 induziu o amadurecimento dos frutos, tornando-os com uma textura própria para o consumo após exposição à temperatura ambiente. Contudo, a eficiência na indução do amadurecimento também irá depender do período de exposição dos frutos ao etileno (SUGAR; BASILE; 2013).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes períodos de choque de frio e da aplicação de etileno sobre a qualidade e o amadurecimento de peras ‘Rocha’.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, utilizando peras ‘Rocha’ provenientes de um pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS (situado $28^{\circ}30'39''S$ de latitude, $50^{\circ}55'47''W$ de longitude e 960 m de altitude). O primeiro experimento foi realizado na safra 2010/2011 e o segundo na safra 2012/2013, utilizando frutos coletados durante a colheita comercial, com firmeza de polpa variando entre 55 e 65 N, conforme o recomendado para a cultivar Rocha (CAVACO et al., 2009). Após a colheita, foi realizada a seleção dos frutos e a homogeneização das amostras experimentais, sendo eliminados os frutos com podridões, lesões, defeitos ou de baixo calibre.

Antes da aplicação dos tratamentos, quatro amostras de 15 frutos foram avaliadas para determinação da qualidade inicial das peras, as quais apresentavam, para os experimentos 1 e 2, respectivamente, firmeza de polpa de 62,4 e 59,2 N, teor de sólidos solúveis de 10,0 e 11,5 °Brix e acidez titulável de 0,29 e 0,24% de ácido málico para os experimentos 1 e 2, respectivamente.

No primeiro experimento, conduzido com frutos produzidos no ano agrícola 2010/2011, foi avaliado o efeito do choque de frio e da aplicação de etileno na indução do amadurecimento. Os tratamentos avaliados foram: zero (controle), 14, 28 e 42 dias de choque de frio, aplicação de 100 ppm de C_2H_4 por um dia, e aplicação de 100 ppm de C_2H_4 por dois dias. O choque de frio foi realizado a $3,0 \pm 0,2^{\circ}C$ (temperatura do ar no interior da câmara). O C_2H_4 foi aplicado em temperatura ambiente ($20 \pm 5^{\circ}C$) retirando-se o gás de um cilindro pressurizado com o auxílio de uma seringa e injetando o mesmo no interior de uma minicâmara hermeticamente fechada.

Ao final da aplicação dos tratamentos, os frutos foram mantidos durante sete dias à temperatura ambiente ($20 \pm 5^{\circ}C$), para simular o

período de comercialização. Os frutos foram avaliados diariamente quanto aos atributos de cor da casca e taxas respiratória e de produção de etileno. No sétimo dia, foram realizadas as avaliações de firmeza de polpa, atributos de textura, acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS).

No segundo experimento, que foi realizado com frutos produzidos no ano agrícola 2012/2013, apenas o efeito do choque de frio foi avaliado, sendo os tratamentos constituídos de cinco períodos, 0, 15, 30, 45 e 60 dias armazenamento à temperatura de $3,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Neste experimento, as análises foram realizadas ao final do período de choque de frio e após sete dias de exposição à temperatura ambiente, com relação à cor da casca, atributos de textura, firmeza de polpa, AT e teor de SS.

As taxas respiratória ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\eta\text{mol de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foram quantificadas, colocando-se frutos de cada amostra em um recipiente de plástico, com o volume de 4.100 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO_2 no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo a gás Varian®, modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45, 120, 380 e 110 °C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente.

A determinação da cor da casca (ângulo *hue*; h°) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400. As leituras foram realizadas na região equatorial dos frutos. O h° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em dois pontos opostos, após remoção de uma pequena porção da casca, com o auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd., África do Sul) equipado com ponteira de 7,9 mm de diâmetro.

Os atributos de textura (N) foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de forças necessárias para o rompimento da casca e para a penetração na polpa, tendo-se utilizado ponteira modelo PS2 com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade

de 10 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 3 e 40 mm s⁻¹, respectivamente.

Os valores de AT (% ácido málico) foram determinados através de uma amostra de 10 mL de suco, extraído de fatias retiradas da porção distal dos frutos, em uma centrífuga. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH a 0,1 N até pH 8,1. Para titulação foi utilizado um titulador automático TitroLine® easy, da Schott Instruments.

Os teores de SS (°Brix) foram obtidos por refratometria, utilizando uma alíquota do suco extraído para a quantificação de AT. Para as determinações, foi utilizado um refratômetro digital modelo PR201α (Atago, Japão).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e unidade experimental constituída por 30 frutos. No experimento 1, os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). No experimento 2, as médias foram submetidas à análise de regressão. Para estes procedimentos foi utilizado o programa estatístico SAS (2002).

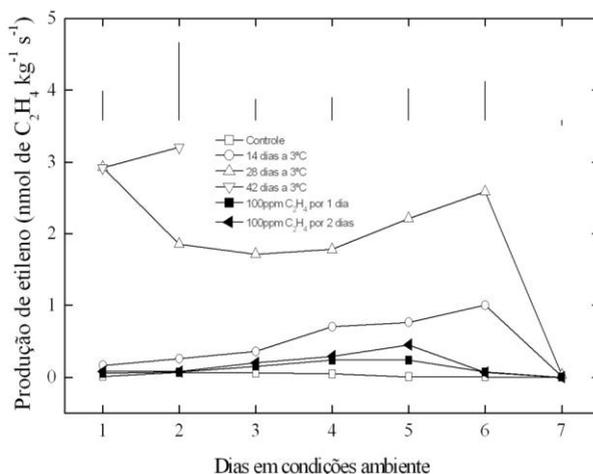
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de produção de etileno se manteve mais elevada nos frutos submetidos a 28 dias de choque de frio em relação aos demais tratamentos (Figura 1). O aumento no período de choque de frio aumentou a taxa de produção de etileno, sendo que o tratamento de 28 dias apresentou maior produção em relação aos 14 dias durante todo o período de avaliação pós-colheita. O pico de produção de etileno, durante o período de prateleira, foi evidente nos frutos dos tratamentos com 14 e 28 dias de choque de frio, o qual ocorreu aos seis dias em temperatura ambiente, sendo que o pico foi mais intenso nos frutos submetidos a 28 dias de choque de frio. À medida que o tempo de choque de frio de peras é aumentado, tende a ocorrer um aumento do pico de produção de etileno e também um encurtamento de tempo para que o pico ocorra, após o acondicionamento dos frutos em temperatura ambiente (WANG et al., 1985; SEIBERT et al., 2000). Apesar de a produção de etileno aos dois dias de exposição à temperatura ambiente ter sido mais elevada para os 42 dias de choque de frio, em relação aos demais períodos testados, não foi possível avaliar o comportamento deste tratamento após este período devido a problemas técnicos no

equipamento utilizado para esta análise. De acordo com Agar et al. (2000), a exposição de peras europeias a baixas temperaturas induz a biossíntese de ACC oxidase e ACC sintase, ocasionando um aumento na síntese de etileno e proporcionando o amadurecimento normal dos frutos após exposição à temperatura ambiente.

A aplicação de 100 ppm de C_2H_4 não teve efeito sobre a taxa de produção de etileno, proporcionando taxa de produção similar ao do tratamento controle durante todo o período de avaliação (Figura 1). Fonseca et al. (2005) observaram que a atividade da ACC oxidase de peras aumentou com a exposição a 100 ppm de C_2H_4 , mas que esse aumento foi menos pronunciado em relação a frutos que foram submetidos ao choque de frio por 60 dias a $0^{\circ}C$.

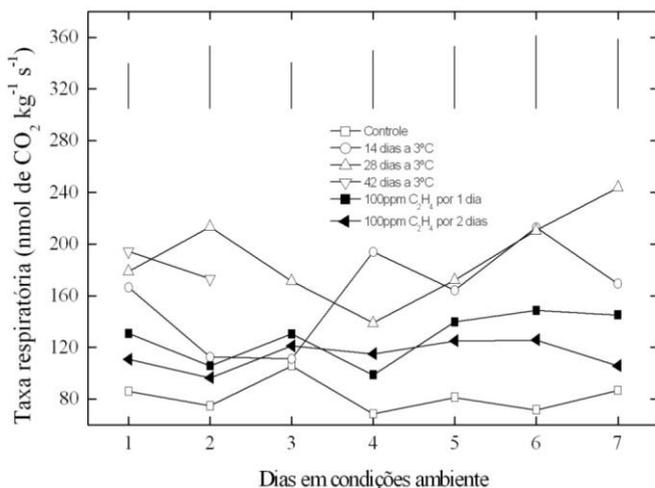
Figura 1 – Taxa de produção de etileno em peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de exposição ao etileno e ao choque de frio de $3^{\circ}C$ e avaliadas durante sete dias em condições ambiente. As barras verticais, no interior de cada gráfico, representam as diferenças mínimas significativas entre tratamentos, calculadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Experimento 1.



Fonte: Produção do próprio autor

A taxa respiratória, de maneira geral, foi mais elevada nos frutos submetidos aos diferentes períodos de choque de frio em relação aos demais tratamentos (Figura 2). O aumento do período de choque de frio de 14 para 28 dias aumentou a taxa respiratória dos frutos na maior parte das avaliações. Esse comportamento pode ser considerado esperado, uma vez que o aumento da taxa respiratória é um evento secundário, estimulado pelo aumento na taxa de produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos (Figura 1). A aplicação de 100 ppm de C_2H_4 por um dia aumentou a taxa respiratória em relação ao tratamento controle no 5º e no 6º dia de avaliação. É importante observar que frutos que apresentam taxas respiratórias mais elevadas tendem a entrar em senescência mais cedo e ter sua vida pós-colheita reduzida (STEFFENS et al., 2007).

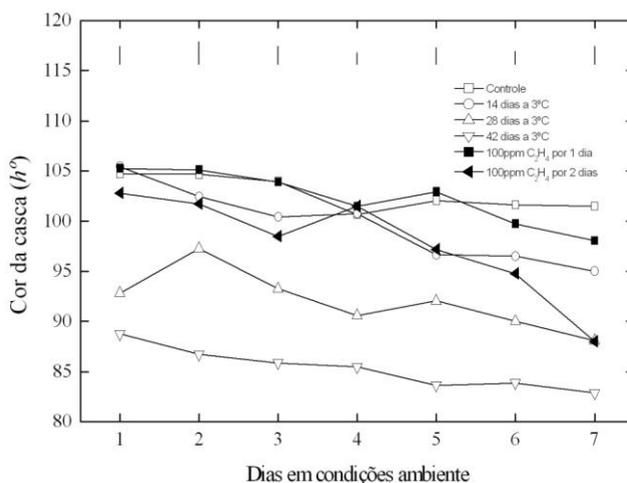
Figura 2 – Taxa respiratória de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de exposição ao etileno e ao choque de frio de 3°C e avaliadas durante sete dias em condições ambiente. As barras verticais, no interior de cada gráfico, representam as diferenças mínimas significativas entre tratamentos, calculadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Experimento 1.



Fonte: produção do próprio autor

Para o primeiro experimento, o aumento do período de choque de frio reduziu a coloração verde da casca (menor h^o) durante o período pós-colheita, proporcionando ao choque de frio de 42 dias frutos mais amarelados em relação aos demais tratamentos durante os sete dias de avaliação (Figura 3). A aplicação de C_2H_4 também proporcionou redução no h^o , especialmente nos frutos tratados com etileno durante dois dias, os quais apresentaram coloração similar ao dos frutos submetidos ao choque de frio por 28 dias. Entretanto, a aplicação de 100 ppm de C_2H_4 por um dia ocasionou aos frutos coloração semelhante ao do tratamento controle até o sexto dia de avaliação, diferindo apenas no último dia, quando os frutos estavam menos verdes em relação ao tratamento controle e menos amarelos que os frutos dos demais tratamentos.

Figura 3 – Cor da casca de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de exposição ao etileno e ao choque de frio de 3°C e avaliadas durante sete dias em condições ambiente. As barras verticais, no interior de cada gráfico, representam as diferenças mínimas significativas entre tratamentos, calculadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Experimento 1.



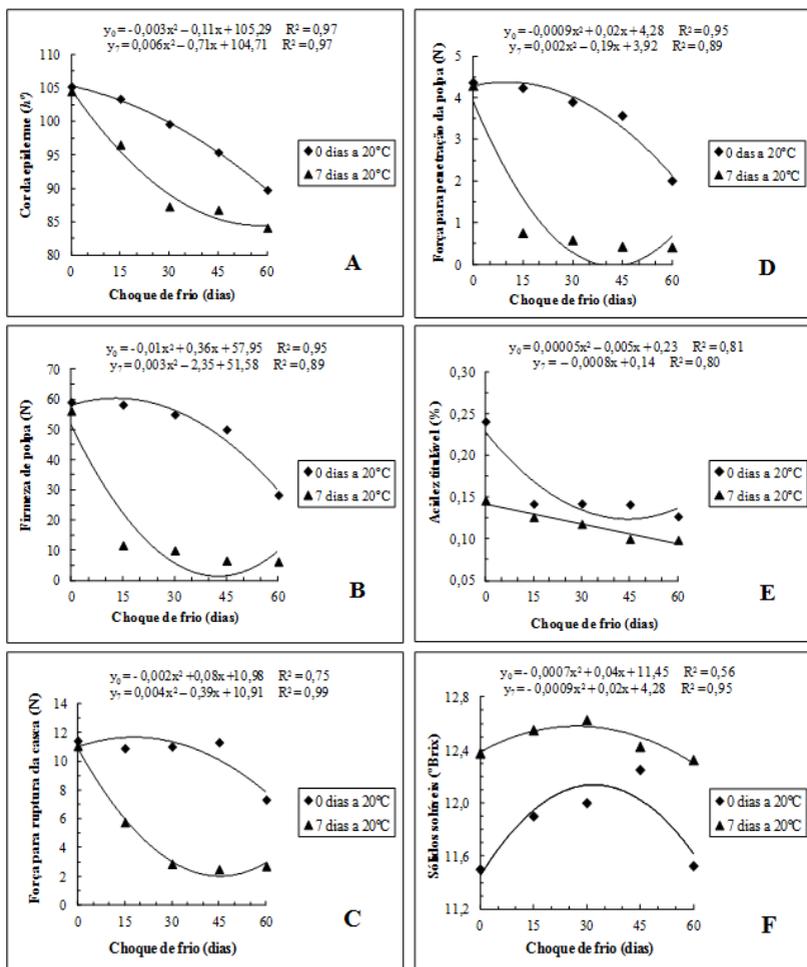
Fonte: Produção do próprio autor

Esses resultados diferem daqueles encontrados por Dhillon e Mahajan (2011), em que peras 'Patharnakh' tratadas com 100 ppm de C_2H_4 por um dia já se mostravam mais amarelas em comparação ao controle aos quatro dias de exposição à temperatura ambiente. De acordo com os resultados obtidos por Coutinho et al. (2003), peras com coloração mais amarelada tendem a apresentar melhores notas em testes de comercialização simulada em relação a frutos mais verdes, demonstrando que o maior amarelecimento dos frutos causado pelo aumento do tempo de exposição ao C_2H_4 pode ser vantajoso.

No segundo experimento, os frutos também apresentaram redução na coloração verde da casca com o aumento do período de choque de frio, tanto na saída da câmara quanto após sete dias em condições ambiente (Figura 4A). Peras europeias tendem a sofrer uma redução significativa de coloração verde durante o processo de amadurecimento, sendo que esse comportamento ocorre devido à ação das clorofilases, que são enzimas induzidas pela ação do etileno, acompanhada pela síntese de carotenoides nos frutos (COUTINHO et al., 2003; PREDIERI; GATTI, 2009; DHILLON; MAHAJAN, 2011). É possível que a redução da cor verde nos frutos tenha ocorrido devido a um aumento na taxa de produção de etileno, uma vez que ela tende a aumentar com a elevação do período de choque de frio, como foi verificado no experimento 1 (Figura 1).

Todos os tratamentos apresentaram menor firmeza de polpa em relação ao controle, após sete dias de manutenção em condições ambiente, para o primeiro experimento (Tabela 1). O choque de frio não apresentou diferença entre os períodos avaliados, obtendo efeito similar à aplicação de 100 ppm de C_2H_4 por um ou dois dias. Contudo, para peras 'Comice' e 'D'Anjou', Sugar e Basile (2013), verificaram que a exposição a 100 ppm de C_2H_4 durante um ou dois dias não é suficiente para ocasionar reduções na firmeza de polpa para valores próprios para o consumo após sete dias em temperatura ambiente, demonstrando que possivelmente o tempo de exposição ao C_2H_4 requerido para induzir o amadurecimento varia conforme a cultivar.

Figura 4 – Cor da casca (A), firmeza de polpa (B), força para ruptura da casca (C), força para penetração da polpa (D) acidez titulável (E) e sólidos solúveis (F) de peras ‘Rocha’ na saída da câmara e após sete dias em condições ambiente em função do período de choque de frio de 3°C. Experimento 2.



Fonte: Produção do próprio autor.

Tabela 1– Forças para ruptura da casca e penetração da polpa, firmeza de polpa, acidez titulável e teor de sólidos solúveis de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes períodos de choque de frio e de exposição ao etileno e avaliadas após sete dias em condições ambiente. Experimento 1.

Tratamento	Força p/ ruptura da casca (N)	Força para penetração da polpa (N)	Firmeza de polpa (N)	Acidez Titulável (%)	Sólidos Solúveis (°Brix)
Controle	12,68a	3,37a	49,99a	0,169a	10,1 ^{ns}
14 dias a 3°C	5,13c	0,75bc	9,76b	0,116cd	10,3
28 dias a 3°C	3,73d	0,67bc	8,27b	0,101cd	11,0
42 dias a 3°C	3,61d	0,49c	6,55b	0,090d	10,4
100 ppm C ₂ H ₄ 1 dia	6,51b	0,80b	10,40b	0,154ab	10,2
100 ppm C ₂ H ₄ 2 dias	4,91c	0,54bc	7,85b	0,132bc	10,3
CV (%)	6,3	11,4	20,7	12,0	6,0

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Produção do próprio autor

Apesar de não ter ocasionado um aumento expressivo na produção de etileno, o tratamento com 100 ppm de C₂H₄ por um ou por dois dias foi eficiente para ocasionar a redução na firmeza de polpa dos frutos após exposição à temperatura ambiente (Tabela 1). Segundo alguns autores, enzimas de parede celular, que são responsáveis pelas modificações sofridas na textura de peras durante o processo de amadurecimento, como as poligalacturonases e as β -galactosidasas, tem sua síntese induzida pelo etileno, de forma que tratamentos pós-colheita que induzem a produção de etileno, como o choque de frio ou mesmo a aplicação de C₂H₄, são necessários para que os frutos percam firmeza de polpa e adquiram uma textura amanteigada (SMITH; GROSS, 2000; HIWASA et al., 2003).

No experimento 2, a firmeza de polpa reduziu com o aumento do choque de frio (Figura 4B). Na saída da câmara, a firmeza apresentou um pequeno decréscimo até 45 dias de choque de frio, tendo uma queda acentuada nos frutos mantidos por 60 dias em frio, os quais apresentaram valores médios de 28,4 N. De acordo com Sugar e Basile (2013), frutos que apresentem firmeza de polpa média inferior a 35,6N imediatamente após o término do choque de frio não são desejados, pois

são muito suscetíveis ao dano mecânico no transporte e na comercialização.

Já na avaliação realizada após sete dias, a firmeza de polpa decresceu com o aumento do choque de frio, apresentando uma redução substancial aos 15 dias de frio (11,8 N) em relação ao controle (56,3 N), o que demonstrou que este período de armazenamento foi suficiente para proporcionar uma firmeza de polpa adequada para o consumo (CALVO; SOZZI, 2009), confirmando os resultados obtidos no primeiro experimento (Tabela 1). Outros autores também observaram redução na firmeza de polpa de peras 'Packham's' e 'd'Anjou' com o aumento do período de exposição ao frio (SEIBERT, et al. 2000; SUGAR; EINHORN, 2011).

Apesar de o tempo de choque de frio recomendado para a cultivar 'Rocha' ser de 60 dias a 0°C (FONSECA et al., 2005), no presente estudo foi possível perceber que o período de frio requerido para induzir o amadurecimento foi reduzido para em torno de 15 dias (Tabela 1; Figura 4B), quando utilizada a temperatura de 3 °C . O tempo de choque de frio pode ser reduzido, quando utilizadas temperaturas superiores a 0 °C, como de 5 e 10 °C (SUGAR; EINHORN, 2011; SUGAR; BASILE, 2013), o que pode ter explicado o menor período de frio requerido no presente trabalho. Essa redução no período de choque de frio requerido pode ser desejada, uma vez que permite aos produtores antecipar a comercialização dos frutos e reduzir o período de armazenamento.

No experimento 1, a força para ruptura da casca foi maior no controle em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Os períodos de choque de frio de 28 e 42 dias apresentaram a menor força requerida, com valores superiores aos 15 dias de choque de frio e também à aplicação de etileno. A força para ruptura da casca também foi reduzida pelo aumento do período de aplicação de C₂H₄ de um para dois dias. No experimento 2, a força para ruptura da casca também reduziu com o aumento do tempo de choque de frio (Figura 4C). Para a avaliação realizada após sete dias de manutenção em condições ambiente, houve uma redução mais pronunciada até 30 dias, tendendo a estabilizar após este período.

Tanto a aplicação de etileno quanto o choque de frio reduziram a força para penetração da polpa dos frutos no primeiro experimento (Tabela 1). Apesar de não ter ocorrido diferença entre os períodos de choque de frio com relação a este atributo, o período de 42 dias sob 3°C apresentou menor força para penetração da polpa comparativamente à

aplicação de 100 ppm de C_2H_4 por um dia, não diferindo, contudo, da aplicação de etileno durante dois dias. De acordo com Fonseca et al. (2005), peras 'Rocha' submetidas ao choque de frio por 60 dias a $0^{\circ}C$ perdem firmeza mais rapidamente em relação àquelas tratadas durante 1 dia com 100 ppm de C_2H_4 a uma temperatura de $23^{\circ}C$. De acordo com os mesmos autores, este resultado pode ter ocorrido devido a um maior incremento na atividade da ACC oxidase de peras submetidas a 60 dias de choque de frio em relação àquelas tratadas com 100 ppm de C_2H_4 .

Para o segundo experimento, a força para penetração da polpa apresentou comportamento similar ao da firmeza de polpa, tanto na saída da câmara quanto após sete dias em condições ambiente (Figura 4D). Assim como o que foi demonstrado no experimento 1, após 15 dias de armazenamento os frutos apresentaram uma redução bastante acentuada na força para penetração da polpa, demonstrando que esse período foi suficiente para ativar o processo de amadurecimento e ocasionar o desenvolvimento de textura amanteigada nos frutos.

Para o experimento 1, a AT reduziu com o tratamento de choque de frio, independente da duração, e com o tratamento de 100 ppm de C_2H_4 por dois dias (Tabela 1). Todavia, o período de 42 dias proporcionou menor AT em relação aos frutos expostos ao C_2H_4 por dois dias. A maior AT dos frutos do tratamento controle pode estar relacionada ao menor consumo dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, uma vez que a taxa respiratória se manteve mais baixa em praticamente todo o tempo de prateleira em comparação aos frutos submetidos ao choque de frio (Figura 2).

No segundo experimento, a AT, na saída da câmara, apresentou uma redução substancial, em relação ao tratamento controle, com o choque de frio a partir de 15 dias, ocorrendo pouca variação com o incremento no tempo de duração do choque de frio (Figura 4E). Mesmo em baixas temperaturas, há continuidade da respiração, o que leva a uma diminuição no conteúdo de ácidos orgânicos e, portanto, da AT. Na avaliação realizada após sete dias em condições ambiente, foi possível observar uma redução linear com o incremento do tempo de choque de frio. Elgar et al. (1997) também observaram decréscimo na AT de peras 'Buerre Bosc' e 'Doyenne Du Comice' com o aumento do período de choque de frio de duas para oito semanas, concordando com os resultados observados no presente trabalho.

No experimento 1, não houve efeito da aplicação de etileno e do choque de frio sobre o teor de SS (Tabela 1). Já para o experimento 2, tanto na saída da câmara como após sete dias em condições ambiente,

foi possível observar um incremento nos teores de SS até o período de 30 dias de choque de frio, com posterior declínio (Figura 4F). Durante a maturação, o conteúdo de sólidos solúveis da pera aumenta ligeiramente, e depois tende a decrescer com a senescência, após a ocorrência de uma acentuada degradação de ácidos orgânicos (COUTINHO, et al., 2003). A concentração de açúcares é considerada um fator chave na qualidade comercial de peras, uma vez que os consumidores tendem a apresentar preferência por frutos mais doces (GALVIS-SANCHES et al., 2004).

2.6 CONCLUSÕES

1. O choque de frio (3°C) por 15 dias, para frutos colhidos na maturação comercial, é suficiente para induzir o amadurecimento de peras 'Rocha', proporcionando o desenvolvimento de textura amanteigada.
2. A aplicação de 100 ppm de C₂H₄ por dois dias proporciona redução no período necessário para o desenvolvimento de textura amanteigada e amarelecimento da casca de peras 'Rocha', em relação ao choque de frio de 15 dias a 3°C.

3 QUALIDADE DE PERAS 'ROCHA' ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA

3.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes condições de atmosfera controlada (AC) e da indução de perda de massa (IPM) sobre a qualidade de peras 'Rocha'. Os frutos foram provenientes do município de São Joaquim, SC, sendo os mesmos armazenados por oito meses e quinze dias a $-0,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ e UR de $96 \pm 1\%$. As condições de armazenamento avaliadas foram: 21,0 kPa de O_2 + $<0,03$ kPa de CO_2 (AR); 1 kPa de O_2 + $<0,03$ kPa de CO_2 ; 2,0 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 ; 1,0 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 ; 1,0 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 ; e 1 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 + IPM de 2,6%. O armazenamento refrigerado propiciou frutos com casca mais amarela, menor teor de sólidos solúveis, menor acidez titulável e baixa aceitação nos testes sensoriais para os atributos de textura e doçura/acidez. Os frutos mantidos em AR e em AC com pressão parcial de CO_2 de $<0,03$ kPa apresentaram maior firmeza de polpa e de força para penetração da polpa após sete dias de exposição dos frutos a condições ambiente, não desenvolvendo textura amanteigada própria para o consumo. Não houve incidência de escurecimento de polpa em nenhuma das condições avaliadas. A IPM de 2,6% não apresentou efeito na qualidade dos frutos. As condições de AC de 1,0 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 e 1 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 proporcionam melhor manutenção da qualidade de peras 'Rocha', permitindo o amadurecimento normal dos frutos após o armazenamento prolongado.

Palavras - chave: *Pyrus communis*, armazenamento, textura, firmeza de polpa, amadurecimento.

3.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of 'Rocha' pears under different controlled atmosphere (CA) conditions and induction of mass loss (IML) during storage. The fruits were from São Joaquim, SC, and were stored for eight months and fifteen days to $-0.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ and $96 \pm 1\%$ RH. The storage conditions evaluated were: 21.0 kPa O_2 + <0.03 kPa CO_2 (RA), 1.0 kPa O_2 + <0.03 kPa CO_2 , 2.0

kPa O₂ + 1.0 kPa CO₂, 1.0 kPa O₂ + 1.0 kPa CO₂, 1.0 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂, and 1.0 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂ + IML 2.6%. Cold storage provide fruits with more yellow skin, lower soluble solids content, lower titratable acidity and low acceptance in sensory tests for texture and sweetness/acidity. Fruits storage at low pressures of CO₂ (<0,03 kPa) showed higher flesh firmness and force required to penetrate the flesh after seven days of shelf life, not developing the buttery texture suitable for consumption. There was no incidence of browning in any of the evaluated conditions. The IML 2.6% had no effect on fruit quality. The CA conditions of 1.0 kPa O₂ + 1.0 kPa CO₂ and 1.0 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂ provide better quality of 'Rocha' pears, allowing a normal ripening fruit after extended storage.

Key - words: *Pyrus communis*, storage, texture, flesh firmness, ripening.

3.3 INTRODUÇÃO

A pera é a terceira fruta de clima temperado mais consumida no Brasil. Apesar disso, a produção de peras de alta qualidade no país ainda é bastante reduzida, sendo capaz de suprir apenas uma pequena parte do mercado e somente entre os meses de fevereiro e abril. Durante o resto do ano, cerca de 140 mil toneladas de peras, ao custo de US\$ 120,6 milhões, são importadas de países como Portugal, Chile e Argentina, com a finalidade de atender a demanda do mercado consumidor (FAORO; ORTH, 2010).

A pera 'Rocha' é uma cultivar do tipo europeia que apresenta boas propriedades sensoriais e excelente capacidade de armazenamento (GALVIS-SÁNCHEZ et al., 2003). Atualmente, o armazenamento refrigerado (AR) é o mais utilizado para essa cultivar de pera no Brasil. Entretanto, após longos períodos de AR, os frutos armazenados podem apresentar grande perda de qualidade e menor aceitação comercial, além de elevadas perdas quantitativas devido à incidência de podridões (PREDIERI; GATTI, 2009). Murayama et al. (2002) verificaram padrões anormais de amadurecimento em peras europeias devido ao armazenamento prolongado, como frutos incapazes de desenvolver textura adequada para o consumo.

O armazenamento em atmosfera controlada (AC) é um método que alia baixas temperaturas e alta umidade relativa (UR) ao controle

das pressões parciais de O_2 e CO_2 no interior da câmara. Altas pressões parciais de CO_2 e baixas pressões parciais de O_2 no interior das câmaras não só reduzem a atividade respiratória como também a síntese e ação de etileno, proporcionando frutos de qualidade após longos períodos de armazenamento. Porém, o armazenamento sob condições impróprias pode ocasionar uma série de desordens, como a perda da capacidade de desenvolver textura amanteigada, perda de qualidade sensorial e também a incidência de distúrbios fisiológicos (DRAKE et al., 2001; FRANCK et al., 2007). Condições como altas pressões parciais de CO_2 e baixas pressões parciais de O_2 por períodos mais longos de armazenamento tendem a favorecer a incidência de escurecimento de polpa em peras europeias (SAQUET; STREIF, 2006).

Em AC a capacidade de armazenamento de peras 'Packham's Triumph' pode alcançar de sete a oito meses a $-0,5^\circ C$, com níveis de O_2 de 1-3 kPa e de CO_2 de 0,5-2,5 kPa (RICHARDSON; KUPFERMAN, 1997). Já para peras 'Conference', frutos armazenados a $-0,5^\circ C$ podem ser armazenadas por até seis meses em condição de AC de 2 kPa de O_2 e 1 kPa de CO_2 e por apenas três meses em AR (CHIRIBOGA et al., 2011). Peras 'Bartlett', armazenadas sob condições de 1 a 1,5 kPa de O_2 , podem apresentar redução no processo de amadurecimento e na incidência de distúrbio fisiológicos, prolongado assim o período de armazenamento. Entretanto, o aumento do CO_2 para pressões parciais superiores a 1 kPa na atmosfera de armazenamento pode aumentar a incidência de escurecimento de polpa em frutos mais suscetíveis a ocorrência do distúrbio (EKMAN et al., 2004). Galvis-Sánchez e Morais (2001) verificaram que peras 'Rocha' produzidas na região Oeste de Portugal e armazenadas em 2 kPa de O_2 e 1,5 kPa de CO_2 , a uma temperatura de $0^\circ C$, durante nove meses, apresentaram desenvolvimento normal na textura após a manutenção dos frutos à temperatura ambiente, além de não terem apresentado incidência de escurecimento de polpa.

O clima e o local de crescimento apresentam influência sobre o metabolismo do fruto, o que irá repercutir também no armazenamento (FRANCK et al., 2007; CORRÊA et al., 2010). Até o momento, ainda não foram definidos os níveis de gases mais adequados para o armazenamento em AC de peras 'Rocha' produzidas na Região Sul do Brasil.

Técnicas complementares aos sistemas de armazenamento, como a indução da perda de massa (IPM), também podem contribuir para manutenção da qualidade dos frutos e reduzir a incidência de

distúrbios fisiológicos. Em ameixas ‘Laetitia’, a IPM durante o armazenamento refrigerado retardou o amadurecimento dos frutos e proporcionou menor incidência de degenerescência da polpa em frutos armazenados por 30 dias (ALVES et al., 2010). Em maçãs ‘Gala’, Brackmann et al. (2007) verificaram que a utilização da IPM apresentou efeito positivo no retardo do amadurecimento, além de reduzir a incidência de podridões e de distúrbios fisiológicos em frutos armazenados em AC. Atualmente inexistem trabalhos que verifiquem a eficácia da IPM no armazenamento de peras europeias.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes condições de AC e da IPM na manutenção das qualidades físico-químicas e sensoriais de peras ‘Rocha’ produzidas na Região Sul do Brasil.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Peras da cultivar Rocha foram colhidas em um pomar comercial localizado no município de São Joaquim, SC (28°15'41"S e 49°53'09"W, a 1.290 m de altitude), no ano agrícola de 2011/2012. O pomar foi constituído por plantas de cinco anos de idade, sobre porta-enxerto *Pyrus calleryana*, espaçadas em 1,5 m na linha e 4,0 m entre linhas. Após a colheita, os frutos foram transportados ao laboratório para homogeneização das amostras experimentais, sendo eliminados aqueles com lesões, defeitos, ferimentos ou danos mecânicos.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e unidade experimental constituída por 30 frutos. Os tratamentos foram constituídos de seis condições de armazenamento: 21,0 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂ (AR); 1 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂; 2,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂; 1,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂; 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂; e 1 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ + IPM de 2,6%. Os frutos foram armazenados durante oito meses e quinze dias a $-0,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ e UR de $96 \pm 1\%$. Para o armazenamento, foram utilizadas minicâmaras experimentais com capacidade de 233 L.

As condições de AC foram estabelecidas mediante a diluição do O₂ no ambiente de armazenamento com injeção de N₂, proveniente de um gerador de nitrogênio, que utiliza o princípio “Pressure Swing Adsorption” (PSA), e posterior injeção de CO₂, proveniente de cilindros de alta pressão, até atingir o nível preestabelecido, nos tratamentos com CO₂ > 0,03 kPa. A manutenção das pressões parciais desejáveis dos

gases, que variavam em razão da respiração dos frutos, foi realizada, diariamente, com o uso de equipamento automático para controle de gases (Kronenberger/Climasul, Caxias do Sul, Brasil). Quando os níveis do CO_2 e O_2 não estavam adequados, o equipamento procedia à correção das pressões parciais até os níveis preestabelecidos nos tratamentos. O O_2 consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras, e o CO_2 em excesso, foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio a 40%, através da qual foi circulado o ar do ambiente de armazenamento. No tratamento com baixo CO_2 (1,0 kPa de O_2 + <0,03 kPa de CO_2), a pressão parcial de CO_2 foi mantida por meio da colocação de cal hidratada no interior das minicâmaras, para a contínua eliminação do CO_2 no ambiente de armazenamento.

A IPM foi provocada de forma constante, através da absorção da umidade do ar da minicâmara. Esse procedimento foi efetuado pela obtenção do peso total dos frutos que seriam submetidos ao tratamento, com posterior determinação da quantidade de água a ser perdida pelos mesmos para obtenção da IPM previamente estabelecida de 2%. A água foi absorvida utilizando-se um recipiente, colocado no interior da minicâmara, contendo uma quantidade conhecida e parcialmente exposta de cloreto de cálcio. Este composto foi utilizado devido sua propriedade de ser altamente higroscópico, e, portanto, retirar água da atmosfera (WEBER et al., 2013). Mensalmente, os frutos eram pesados para a determinação da perda parcial de massa, e o CaCl_2 era repostado, conforme necessidade. Ao final do armazenamento, os frutos obtiveram uma IPM total de 2,6%.

Antes do armazenamento, efetuou-se uma análise inicial de três amostras de 15 frutos para determinação da qualidade inicial das peras, as quais apresentavam coloração da casca (medida pelo ângulo *hue*) de 107,72, firmeza de polpa de 67,2 N, sólidos solúveis (SS) de 10,1 °Brix e acidez titulável (AT) de 0,63% de ácido málico.

As avaliações foram realizadas na saída da câmara, após oito meses e quinze dias de armazenamento, e após sete dias de exposição em condições ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e UR de $63 \pm 2\%$), simulando o período de comercialização dos frutos. Os atributos avaliados foram: cor da casca, firmeza de polpa, atributos de textura, AT, SS, incidência de escurecimento de polpa e taxas respiratória e de produção de etileno. Apenas após os sete dias de exposição em condições ambiente foi realizada também uma análise sensorial de qualidade dos frutos com um painel não treinado.

A cor da casca foi avaliada em termos de valores de ângulo 'hue' (h°), com o auxílio de um colorímetro modelo CR 400 (Konica Minolta[®], Japão). As leituras foram realizadas em dois lados opostos da região equatorial dos frutos. Os valores de h° apresentam as seguintes correspondências quanto às cores da superfície do tecido vegetal: 0°/vermelho, 90°/amarelo, 180°/verde e 270°/azul.

A firmeza de polpa (N) foi determinada em dois lados opostos da região equatorial dos frutos, após a remoção de uma pequena porção da casca, com o auxílio de um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltd., África do Sul), munido de ponteira 7,9 mm de diâmetro.

Os atributos de textura (N) foram analisados com texturômetro eletrônico TAXT-plus[®] (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de forças necessárias para a penetração na casca e na polpa. Para as quantificações foi utilizada uma ponteira com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 3 e 40 mm s⁻¹, respectivamente.

Os valores de AT (% ácido málico) foram obtidos através de uma amostra de 10 mL de suco, obtido pelo processamento dos frutos em uma centrífuga. Essa amostra foi diluída em 90 ml de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1. Para titulação das amostras foi utilizado um titulador automático TitroLine[®] easy, da Schott Instruments.

Os teores de SS (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201 α (Atago, Japão), utilizando uma alíquota do suco que foi obtido pelo processamento dos frutos.

A incidência de escurecimento de polpa (%) foi avaliada por meio de um corte na secção transversal dos frutos, onde foi realizada a contagem das peras que apresentavam regiões internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento, sendo determinada a proporção de frutos afetados. Frutos que apresentaram a formação de cavidades no interior da polpa também foram contabilizados.

As taxas respiratória ($\eta\text{mol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\eta\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foram quantificadas por cromatografia gasosa. Frutos de cada repetição foram acondicionados em um recipiente plástico, com volume de 7300 mL e fechamento hermético. As taxas respiratórias e de produção de etileno foram obtidas pela diferença da concentração de CO₂ e C₂H₄, respectivamente, no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma

hora. Após este período, utilizando uma seringa plástica de 1 mL, foram coletadas duas amostras da atmosfera do espaço livre destes recipientes, as quais foram injetadas em um cromatógrafo a gás, marca Varian®, modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N® de 3m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45; 120; 380 e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70; 30; e 300 mL min⁻¹, respectivamente.

Para a análise sensorial, foi utilizado um teste de aceitação por escala hedônica, onde o indivíduo expressou o grau de gostar ou desgostar do fruto com relação a dois atributos específicos: equilíbrio doçura/acidez e textura. A escala utilizada no teste foi a de cinco pontos, com os termos definidos entre “desgostei muito” e “gostei muito”. Para avaliação foram convidadas 20 pessoas aleatórias, não sendo necessário que tivessem treinamento. A cada julgador foram fornecidas uma ficha de avaliação e amostras de frutos de todas as condições de armazenamento testadas. Para tanto, as amostras, que foram casualizadas, foram compostas de duas fatias pequenas de pera sem casca, sendo oferecidas em recipientes plásticos codificados com algarismos de três dígitos. Os julgadores foram questionados também com relação à presença de sabor estranho nos frutos e, caso julgassem necessário, puderam fazer observações e comentários em relação às características dos frutos avaliados.

Os dados expressos em porcentagem foram transformados pela fórmula arco seno $[(x+1)/100]^{1/2}$. Os dados obtidos após oito meses de armazenamento e após sete dias em condição ambiente foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para estes procedimentos foi utilizado o programa estatístico SAS (2002).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos do AR apresentaram cor da casca menos verde (menor h^a) do que os frutos armazenados em AC, para ambas as datas de avaliação (Tabela 2). Em comparação com o armazenamento refrigerado, a AC é mais eficiente na manutenção da cor verde da casca de peras devido à redução na degradação de clorofilas (BLASZCZYK, 2012). Galvis-Sánchez et al. (2003) e Ma e Chen (2003) observaram que o menor amarelecimento em peras armazenadas em AC está associado

principalmente com a redução das pressões parciais de O₂ no interior das câmaras.

Após oito meses e meio de armazenamento, na avaliação realizada na saída da câmara, os frutos armazenados na condição de 1,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂ apresentaram maior firmeza de polpa que os frutos do AR, porém não diferindo dos frutos mantidos nas demais condições de AC (Tabela 2). Essa manutenção da firmeza de polpa em AC pode ter ocorrido devido a uma menor atividade de enzimas hidrolíticas de parede celular, resultado do efeito combinado do baixo O₂ e alto CO₂ (CORRÊA et al., 2010).

Já após sete dias de manutenção em condições ambiente, a firmeza de polpa foi maior nos frutos armazenados sob baixas pressões parciais de CO₂ (AR e AC com 1,0 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂). Os frutos armazenados na condição de 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ + IPM apresentaram menor firmeza de polpa com relação aos demais tratamentos, não diferindo apenas da condição de 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂. Os resultados demonstram que o aumento das pressões parciais de CO₂ contribuiu para que o amadurecimento normal dos frutos após a saída da câmara, possibilitando a redução da firmeza de polpa, especialmente após período prolongado de armazenamento. Contudo, apesar de os frutos armazenados sob baixas pressões parciais de CO₂ apresentarem maior redução na firmeza, apenas os frutos armazenados na condição de 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ + IPM apresentaram firmeza média inferior a 23N, considerada a firmeza ideal para o consumo, por caracterizar uma textura amanteigada (CHEN et al., 2003; CALVO; SOZZI, 2009). Predieri e Gatti (2009) relataram que peras 'Abate Fetel' armazenadas durante longos períodos em AR também apresentaram baixa capacidade de redução da firmeza de polpa após a exposição a condições ambiente. Já Galvis-Sánchez et al. (2004) observaram que peras 'Rocha' armazenadas por nove meses em AR permaneceram mais firmes após nove dias de exposição em condição ambiente, em comparação a frutos armazenados a 2 kPa de O₂ + 1,5 kPa de CO₂, corroborando com os resultados do presente trabalho.

Tabela 2– Cor da casca, forças para ruptura da casca e penetração da polpa e firmeza de polpa de peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes condições de armazenamento, por oito meses e quinze dias, seguidos de zero (saída da câmara) e sete dias de em condições ambiente.

O ₂ + CO ₂ (kPa)	Cor da casca (h°)	Força para ruptura da casca (N)	Força para penetração da polpa (N)	Firmeza de polpa (N)
Saída da câmara				
21 + <0,03 (AR)	88,9 b	12,7 ^{ns}	3,57b	53,9b
1 + <0,03	103,8a	12,4	3,87ab	56,0ab
2 + 1	100,5a	12,6	3,88ab	56,1ab
1 + 1	103,9a	12,6	3,83ab	58,0a
1 + 2	103,8a	12,7	4,05a	55,4ab
1 + 2 + IPM*	102,5a	12,7	4,00a	56,0ab
CV (%)	2,15	3,35	3,71	3,19
Após sete dias em condições ambiente				
21 + <0,03 (AR)	88,2b	8,3a	2,58a	35,6a
1 + <0,03	93,1 ^a	6,8b	2,42ab	35,6a
2 + 1	92,7 ^a	6,4b	2,16bc	28,9b
1 + 1	93,6 ^a	6,3b	1,98cd	27,5bc
1 + 2	94,3 ^a	4,9c	1,70d	24,0cd
1 + 2 + IPM*	91,7 ^a	5,2c	1,66d	20,9d
CV (%)	1,45	5,24	7,09	36,81

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

* Frutos com indução de perda de massa (IPM) de 2,6%.

Fonte: produção do próprio autor

A força para ruptura da casca apresentou diferenças apenas após sete dias de exposição em condição ambiente, onde os frutos do AR apresentaram maiores valores em relação aos frutos armazenados em AC (Tabela 2). Já as condições de 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ e 1,0

kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 + IPM apresentaram menor força para ruptura da casca, em relação às demais condições de AC avaliadas. Com relação à força para penetração da polpa, os frutos armazenados nas condições de AC com 2,0 kPa de CO_2 apresentaram maiores valores na saída da câmara, porém diferindo apenas dos frutos mantidos em AR (Tabela 2). Contudo, após sete dias em condição ambiente, os frutos mantidos em AC com 2,0 kPa de CO_2 apresentaram os menores valores de força para penetração da polpa, não diferindo apenas do tratamento 1,0 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 . Os maiores valores de força para penetração da polpa, após sete dias, foram obtidos pelos tratamentos com baixas concentrações de CO_2 (<0,03 kPa), seguido pelos frutos armazenados em 2 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 . Assim como nos resultados obtidos para firmeza de polpa, o aumento do CO_2 contribuiu para manutenção da qualidade dos frutos, retardando a perda de firmeza durante o armazenamento, e permitindo a perda de firmeza de polpa característica do processo normal de amadurecimento em peras europeias durante a vida de prateleira. Possivelmente, os frutos armazenados em AR e em AC com 1 kPa de O_2 + <0,03 kPa de CO_2 e 2 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 , já se encontravam mais próximos ao estágio de senescência, em relação aos frutos armazenados em AC com 1,0 kPa de O_2 e 2,0 kPa de CO_2 . Dessa forma, frutos senescentes ou mesmo próximos ao estágio de senescência tendem a apresentar um amadurecimento atípico após o armazenamento, o que pode estar relacionado com a perda da capacidade de sintetizar determinadas enzimas de degradação da parede celular, especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento da textura. Galvis-Sánchez e Morais (2001) associaram a perda da capacidade de amadurecimento com a inibição da síntese de algumas enzimas, especialmente a pectinametilesterase (PME). Os mesmos autores, trabalhando com peras 'Rocha' armazenadas por nove meses, seguidas por seis dias em temperatura ambiente, verificaram uma maior atividade da PME em frutos armazenados sob 2 kPa de O_2 + 1,5 kPa de CO_2 , em relação a frutos mantidos em AR ou sob condições de 4 kPa de O_2 + 0,5 kPa de CO_2 . Segundo Murayama et al. (2002), a perda da capacidade de amadurecimento em peras armazenadas por períodos prolongados estaria associada com um menor conteúdo de poliuronídeos solúveis na polpa, sugerindo o comprometimento na solubilização dos poliuronídeos da parede celular.

Tanto na saída da câmara quanto após sete dias, frutos em AR apresentaram menores valores de AT (Tabela 3). Entre as condições de

AC, na saída da câmara não houve diferenças na AT entre tratamentos, mas após sete dias em condições ambiente, os frutos armazenados sob 1 kPa de O_2 + <0,03 kPa de CO_2 apresentaram menor AT em relação aos frutos armazenados nas condições de 1,0 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 e 1,0 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 + IPM. Os maiores valores de AT nos frutos armazenados nestas condições possivelmente estão relacionados ao menor consumo de ácidos durante o período de armazenamento, pois maiores pressões parciais de CO_2 reduzem a atividade respiratória dos frutos durante o armazenamento (STEFFENS et al., 2007). Drake (1994), trabalhando com peras ‘Anjou’, observou que frutos armazenados a 3 kPa de CO_2 sofreram menores perdas no conteúdo de ácidos após oito dias em condições ambiente que frutos armazenados a 1 kPa de CO_2 . A IPM não apresentou efeito sobre a AT dos frutos, não havendo diferença entre os frutos armazenados com ou sem IPM, para a condição de 1,0 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 . Estes resultados concordam com aqueles encontrados por Weber et al. (2013), que também não encontraram diferença na AT com o aumento da perda de massa fresca em maçãs ‘Maxi Gala’.

Os teores de SS não apresentaram diferença entre as condições de armazenamento na saída da câmara (Tabela 3). Porém, após sete dias em condições ambiente, os frutos das condições de AC de 1,0 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 e 1,0 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 + IPM apresentaram maiores valores de SS em relação aos frutos mantidos em AR. É possível que os frutos do AR já estivessem em estágio de senescência, uma vez que os teores de SS de peras europeias tendem a decrescer nesse período. Drake (1994) verificou que o aumento nas concentrações de CO_2 na atmosfera de 1 kPa para 3 kPa manteve os teores de SS mais elevados em peras ‘Anjou’ armazenadas durante nove meses e mantidas por oito dias em temperatura ambiente. Todavia, no presente trabalho não se observou maior manutenção dos teores de SS em condições de AC com pressões mais elevadas de CO_2 . A IPM não aumentou os teores de SS nos frutos, concordando com os resultados obtidos por Weber et al. (2013), que também não verificaram efeito da IPM de 3,5% sobre o conteúdo de SS de maçãs ‘Maxi Gala’.

Tabela 3— Acidez titulável, sólidos solúveis, taxa de produção de etileno e taxa respiratória em peras ‘Rocha’ submetidas a diferentes condições de armazenamento, por oito meses e quinze dias, seguidos de zero (saída da câmara) e sete dias em condições ambiente.

O ₂ + CO ₂ (kPa)	Acidez titulável (%)	Sólidos solúveis (°Brix)	Produção de etileno (nmol C ₂ H ₄ kg ⁻¹ s ⁻¹)	Taxa respiratória (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)
Saída da câmara				
21,0 + <0,03 (AR)	0,08b	10,6 ^{ns}	0,06d	203,8a
1,0 + <0,03	0,13a	10,7	0,22 ^a	125,5b
2,0 + 1,0	0,13a	10,7	0,22ab	113,3bc
1,0 + 1,0	0,12a	10,7	0,16bc	113,0bc
1,0 + 2,0	0,13a	10,7	0,15c	107,1bc
1,0 + 2,0 + IPM*	0,13a	10,9	0,16bc	97,7c
CV (%)	9,6	5,4	17,1	6,9
Após sete dias em condições ambiente				
21,0 + <0,03 (AR)	0,07c	9,9b	0,29 ^{ns}	251,4a
1,0 + <0,03	0,10b	10,7ab	0,40	166,0b
2,0 + 1,0	0,12ab	10,7ab	0,36	213,3ab
1,0 + 1,0	0,12a	10,7ab	0,36	215,3ab
1,0 + 2,0	0,11ab	11,2a	0,36	180,5ab
1,0 + 2,0 + IPM*	0,13a	11,2a	0,34	214,9ab
CV (%)	9,0	4,85	18,2	17,3

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

* Frutos com indução de perda de massa de 2,6%.

Fonte: Produção do próprio autor

Em nenhuma das condições de armazenamento testadas houve incidência de escurecimento de polpa (dados não apresentados). A ausência do distúrbio, mesmo em AC com 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂, pode ter sido influenciada por fatores como o manejo do pomar, condições climáticas, ponto de colheita dos frutos e até mesmo por características inerentes da cultivar (FRANCK et al., 2007). Segundo Salta et al. (2010) a pera ‘Rocha’ apresenta capacidade antioxidante superior as demais cultivares de importância comercial, o que pode

contribuir para a sua excelente capacidade de armazenamento e menor suscetibilidade ao escurecimento de polpa. O ponto de colheita possivelmente também apresentou influência sobre a resistência do fruto ao distúrbio, uma vez que frutos colhidos em uma firmeza de polpa mais elevada, como os frutos utilizados no presente trabalho (67,2 N), tendem a serem menos suscetíveis à ocorrência de escurecimento de polpa (LAMMERTYN et al., 2000; FRANCK et al., 2007).

Na saída da câmara, a taxa de produção de etileno foi menor nos frutos mantidos em AR em relação aos frutos armazenados em AC (Tabela 3). É possível que na condição de AR os frutos já estivessem em senescência, uma vez que a taxa de produção de etileno descesse nesse período. O tratamento 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ apresentou menor taxa de produção de etileno em relação ao 2,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂ e 1,0 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂. A menor taxa de produção de etileno pode estar relacionada ao efeito inibitório do CO₂ na ação do etileno, reduzindo assim a sua produção autocatalítica (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). Menores pressões parciais de O₂ também tendem a diminuir a produção de etileno devido à redução na atividade da ACC oxidase (WEBER et al., 2013). De acordo com ALVES et al. (2010), a IPM não causou redução na taxa de produção de etileno em ameixas 'Laetitia', concordando com os resultados obtidos no presente trabalho. Não houve diferença na taxa de produção de etileno após sete dias de manutenção dos frutos em temperatura ambiente.

Após a saída da câmara, os frutos armazenados em 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ + IPM apresentaram menor taxa respiratória em relação aos frutos armazenados em AR e AC com 1,0 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂ (Tabela 3). Alguns autores afirmam que a IPM em AC é eficiente na redução da atividade respiratória, uma vez que ela tende a diminuir taxa de produção de etileno (BRACKMANN et al., 2007; WEBER et al., 2013). Entretanto, no presente trabalho, frutos armazenados com e sem IPM não apresentaram diferença na atividade respiratória para uma mesma combinação de gases (1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂). Os frutos do AR apresentaram maior atividade respiratória em relação aos armazenados em 1,0 ou 2,0 kPa de O₂, indicando que a redução nas pressões parciais de O₂ diminuiu a respiração dos frutos. Possivelmente, o baixo O₂ tenha limitado a respiração pela inibição da enzima citocromo oxidase na cadeia transportadora de elétrons (WEBER et al., 2013). Contudo, após sete dias de exposição em condições ambiente, o AR apresentou maior taxa respiratória em relação

ao 1,0 kPa de O₂ + <0,03 kPa de CO₂, não diferindo das demais condições de AC.

Os frutos mantidos em AR apresentaram notas inferiores na análise sensorial com relação ao atributo equilíbrio doçura/acidez, com nota média de 2,0, a qual, na ficha de análises, correspondeu ao termo “não gostei” (Tabela 4). Esse resultado provavelmente ocorreu devido aos baixos valores de SS e AT encontrados nos frutos armazenados em AR, após sete dias de manutenção em condição ambiente (Tabela 3). Todos os demais tratamentos apresentaram resultados médios acima de 3,0, ou seja, acima da média da escala hedônica de avaliação, correspondente ao termo “não gostei, nem desgostei”. Galvis-Sánchez et al. (2003), também observaram que peras ‘Rocha’ armazenadas em AR foram consideradas menos doces em avaliações sensoriais em relação a frutos armazenados em AC. Os frutos dos tratamentos com 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ + IPM apresentaram valores mais próximos à categoria “gostei”.

Tabela 4—Escore médio dos atributos sensoriais de peras ‘Rocha’ armazenadas em diferentes condições de armazenamento por oito meses e quinze dias e avaliadas após sete dias em condições ambiente.

O ₂ + CO ₂ (kPa)	Atributo	
	Doçura/Acidez	Textura
21,0 + <0,03 (AR)	2,0b	2,74b
1,0 + <0,03	3,53a	3,47ab
2,0 + 1,0	3,00a	3,47ab
1,0 + 1,0	3,58a	3,74a
1,0 + 2,0	3,53a	3,32ab
1,0 + 2,0 + IPM*	3,78a	3,84a
CV (%)	26,47	24,69

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

* Frutos com indução de perda de massa fresca de 2,6%.

Fonte: produção do próprio autor

A condição de AR proporcionou alta porcentagem de frutos com sabores estranhos (68,42%), enquanto que nos frutos submetidos ao armazenamento em AC a foi nula para todas as condições avaliadas (dados não apresentados). Dentre as descrições dos sabores estranhos encontrados pelos julgadores nas fichas de análise, os mais comuns foram “gosto de velha/ estragada”, indicando que os frutos mantidos em AR possivelmente já teriam entrado em senescência.

As condições de 1,0 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 e 1,0 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 + IPM apresentaram as maiores notas na avaliação sensorial com relação ao atributo textura, sendo superiores ao tratamento AR (Tabela 4). Novamente, o valor médio para o atributo textura em AR encontrou-se abaixo do termo médio da escala hedônica, demonstrando que a alta firmeza de polpa detectada pelas demais análises também foram percebidas pelos julgadores nas avaliações sensoriais. O sabor das peras depende de um equilíbrio de açúcares, ácidos, compostos fenólicos e os compostos aromáticos, com um número adicional de fatores, principalmente a textura, que influencia muito na aceitação dos consumidores (ZERBINI, 2002). Em painéis sensoriais realizados em peras ‘Rocha’ armazenadas em AC, Galvis-Sánchez et al. (2004) encontraram preferência dos julgadores por frutos menos firmes e mais doces e suculentos. Predieri e Gatti (2009) verificaram que peras ‘d’Anjou’ armazenadas por seis meses apresentaram maior firmeza de polpa e menor suculência em testes sensoriais em relação a frutos armazenados por três meses. Esses mesmos autores sugerem que o armazenamento prolongado pode exercer algum efeito inibitório sobre o desenvolvimento da textura dos frutos, afetando principalmente a suculência da polpa.

3.6 CONCLUSÕES

1. O armazenamento refrigerado de peras ‘Rocha’ por oito meses e meio é inviável, pois ocasiona baixa aceitabilidade e perda da capacidade de desenvolver textura amanteigada.
2. O armazenamento nas condições de AC de 1,0 kPa de O_2 + 1,0 kPa de CO_2 e 1,0 kPa de O_2 + 2,0 kPa de CO_2 mantém a qualidade de peras ‘Rocha’ após oito meses e meio de armazenamento, permitindo o amadurecimento normal dos frutos, sem ocasionar a incidência de escurecimento de polpa.
3. A indução da perda de massa de 2,6% não apresenta efeito sobre a manutenção da qualidade físico-química de peras ‘Rocha’ armazenadas

em AC de 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂, apesar de proporcionar aos frutos boa qualidade sensorial.

4 RELAÇÃO ENTRE O ESCURECIMENTO DE POLPA E A COMPOSIÇÃO MINERAL DE PERAS ‘ROCHA’

4.1 RESUMO

O escurecimento de polpa em peras europeias armazenadas em atmosfera controlada pode estar associado à composição mineral dos frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação dos atributos minerais da polpa com a incidência e severidade de escurecimento de polpa em peras ‘Rocha’ submetidas a altas pressões parciais de CO₂ e baixas pressões parciais de O₂. Frutos provenientes do município de Vacaria – RS foram separados em dois grupos, sendo um deles submetido a uma condição extrema, com alto CO₂ (> 20 kPa, mantida durante cinco dias, seguidos por mais cinco dias, em condições ambiente), e o outro em baixo O₂ (<0,4 kPa, aplicada durante três dias, seguidos por mais sete dias em condições ambiente). Ambas as condições foram aplicadas sob 20°C. Frutos de cada condição extrema foram separados de acordo com a incidência e severidade de escurecimento, e avaliados quanto aos teores de Ca, Mg e K, e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca. Os teores de Ca, Mg e K, e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca, não possuem relação com a incidência e níveis de severidade ao escurecimento de polpa em peras ‘Rocha’.

Palavras - chave: *Pyrus communis*, distúrbio fisiológicos, estado nutricional.

4.2 ABSTRACT

The internal browning in European pears stored in controlled atmosphere can be associated with the mineral composition of the fruit. The aim of this work was to evaluate the relationship of the mineral content of the flesh with the incidence and severity of internal browning in ‘Rocha’ pears submitted to high CO₂ partial pressures and low O₂ partial pressures. Fruits from Vacaria - RS were separated into two groups, each being subjected to an extreme condition: the condition of high CO₂ (> 20 kPa) maintained for five days followed by five days at ambient conditions; and the condition of low O₂ (<0.4kPa), applied for 3 days followed by seven days at ambient conditions. Both conditions were performed under 20°C. Thereafter, the fruit from each extreme condition were separated according to the incidence and severity of

internal browning and mineral contents of Ca, Mg, K and K/Ca and (K+Mg)/Ca relationships were evaluated. Fruits with internal browning incidence showed similar mineral composition to fruit without disorder. The different levels of severity of the internal browning showed no difference in mineral attributes of the flesh. The Ca, Mg and K contents and K/Ca e (K+Mg)/Ca relationships have no clear relation with the susceptibility of 'Rocha' pears to internal browning.

Key - words: *Pyrus communis*, physiological disorder, nutritional status.

4.3 INTRODUÇÃO

A atmosfera controlada (AC) traz inúmeros benefícios para a conservação da pera 'Rocha', uma vez que a redução das pressões parciais de O₂ e aumento das pressões parciais de CO₂ retardam a senescência e mantém a qualidade dos frutos por períodos mais prolongados. Contudo, o armazenamento sob tais condições pode favorecer a ocorrência de escurecimento de polpa nos frutos (GALVIS-SANCHES et al., 2004), levando a consideráveis perdas econômicas.

O escurecimento de polpa é caracterizado pela presença de manchas escurecidas de coloração marrom, as quais podem tanto atingir pequenas porções da polpa quanto afetá-la de forma generalizada (FRANCK et al., 2007). Outro sintoma característico é a formação de cavidades no interior da polpa, as quais podem ocorrer isoladamente ou mesmo simultaneamente às manchas escurecidas (LAMMERTYN et al., 2003). Normalmente, os sintomas são notados apenas no momento do consumo, mas, em casos mais severos, é possível visualizar externamente a ocorrência do distúrbio (STREIF et al., 2001).

O escurecimento de polpa, provocado pelo acúmulo de CO₂, pode ocorrer devido à dificuldade de difusão deste gás no interior do fruto, apresentando pressões parciais mais elevadas no interior da polpa e menores nas camadas mais próximas à casca do fruto (HO et al., 2006; PEDRESCHI et al., 2008). Condições de AC inadequadas, como níveis de CO₂ muito elevados no interior da câmara, pode conduzir a um acúmulo ainda maior deste gás na polpa, levando a um aumento na extensão dos danos (PEDRESCHI et al., 2008). Por outro lado, esse dano também pode ocorrer pela redução nas pressões parciais de O₂ no ambiente de armazenamento, causando uma condição de níveis

extremamente baixos desse gás nas células do interior da polpa (FRANCK et al., 2007).

Acredita-se que o estresse, induzido por condições inadequadas de O₂ e CO₂, provoca a respiração anaeróbica no interior da polpa, aumentando o conteúdo de etanol, acetaldeído e outros produtos tóxicos à célula, levando a formação de radicais livres, afetando o metabolismo energético e, conseqüentemente, danificando as membranas das células da polpa (SAQUET et al., 2003; SAQUET; STREIF 2006; FRANCK et al., 2007; NEUWALD et al., 2008).

Com a perda da seletividade de membranas, compostos fenólicos que geralmente estão compartimentalizados no vacúolo podem migrar para o citossol, onde são oxidados pela enzima polifenoxidase (PPO) em *o*-quinonas, compostos muito reativos que formam polímeros de coloração marrom (YAN et al., 2013). Dessa forma, as causas do escurecimento de polpa possivelmente estão associadas aos processos que afetam a integridade de membrana.

Diversos autores associam nutrientes como o cálcio (Ca) com a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs (SILVEIRA et al., 2012; CORRÊA et al., 2012; AMARANTE et al., 2013), pois o mesmo exerce um importante papel na permeabilidade seletiva, na estruturação e na funcionalidade das membranas celulares, por meio da ligação de fosfolípídeos e de monogalactosídeos na superfície da membrana (FREITAS et al., 2010; MIQUELOTO et al., 2011). Os teores de magnésio (Mg) podem ter relação com o escurecimento de polpa, uma vez que ele compete diretamente com o Ca nos sítios de ligação na membrana plasmática, apesar de não apresentar o mesmo papel fisiológico na manutenção da funcionalidade e estrutura das membranas (FREITAS et al., 2010; AMARANTE et al., 2013). Da mesma forma, conteúdos elevados de potássio (K) também têm sido correlacionados com distúrbios fisiológicos em maçãs (NEUWALD et al., 2008; JAMES; JOBLING, 2009). As relações entre as concentrações de nutrientes na polpa também podem influenciar a predisposição dos frutos ao desenvolvimento de distúrbios fisiológicos (SESTARI et al. 2009; SILVEIRA et al., 2012). Corrêa et al. (2012) observaram que maçãs com menores relações K/Ca e (K+Mg)/Ca apresentam menor predisposição à degenerescência de polpa. A região distal do fruto é a mais recomendada para a avaliação de atributos minerais em maçãs que apresentam “bitter pit”, não apenas por ser a área de maior incidência do distúrbio, mas também por possibilitar uma maior discriminação entre

frutos com e sem “bitter pit” (MIQUELOTO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a relação dos atributos minerais Ca, Mg e K, e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca, com a incidência e severidade de escurecimento de polpa em peras ‘Rocha’ submetidas a altas pressões parciais de CO₂ e baixas pressões parciais de O₂.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2012/2013, com peras ‘Rocha’ provenientes de um pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS (situado 28°30'39"S de latitude, 50°55'47"W de longitude e 960m de altitude), utilizando plantas de cinco anos de idade enxertadas sobre Marmelo ‘BA29’ (*Cydonia oblonga*) e espaçadas em 1,5 m na linha e 4,0 m entre linhas. Após a colheita, foram eliminados os frutos que apresentavam podridões, lesões, defeitos ou de baixo calibre. Em seguida, os mesmos foram armazenados durante 80 dias a 3,0±0,5 °C.

Antes do armazenamento, foi realizada uma análise inicial de quatro amostras de dez frutos, para determinação do estágio de maturação inicial das peras, as quais apresentavam coloração da casca (ângulo *hue*; *h*°) de 99,3, firmeza de polpa de 56,5 N, acidez titulável de 0,14% de ácido málico e sólidos solúveis de 12,9 °Brix.

Após a saída da câmara, 200 frutos foram submetidos a condições de ultrabaixo O₂ (< 0,4 kPa) e outros 200 frutos foram submetidos a uma condição de alto CO₂ (> 20 kPa). Para aplicação do ultrabaixo O₂, os frutos foram acondicionados em uma minicâmara experimental com capacidade de 1000 L, e submetidos a um fluxo constante de N₂, o qual foi proveniente de um cilindro de alta pressão. Esta condição foi mantida durante três dias, sob temperatura ambiente (20±5 °C). A pressão parcial de O₂ foi monitorada diariamente, com o uso de um analisador de gases. Após este período, os frutos permaneceram em condições ambiente (20±5 °C e 21,0 kPa de O₂ + < 0,03 kPa de CO₂) durante sete dias.

Para aplicação do alto CO₂, os frutos foram acondicionados em potes de 7300 mL, com fechamento hermético, onde foi injetado CO₂, proveniente de cilindros de alta pressão, até obter a pressão parcial de 20,0 kPa de CO₂. Os frutos foram mantidos na condição de alto CO₂

durante cinco dias a 20 ± 5 °C e em condição ambiente (20 ± 5 °C e 21,0 kPa de $O_2 + < 0,03$ kPa de CO_2) por mais cinco dias.

Após este período, os frutos submetidos às duas condições foram cortados na região equatorial para avaliação de incidência de escurecimento de polpa, considerando-se frutos com incidência aqueles que apresentassem regiões da polpa com qualquer tipo de escurecimento ou mesmo a presença de cavidades nas regiões internas da polpa. Após a separação dos frutos com e sem a incidência do distúrbio, os mesmos foram agrupados em quatro lotes de 15 frutos, cada lote com diferentes níveis de severidade de escurecimento de polpa: 1 (sem incidência de escurecimento de polpa), 2 (incidência de escurecimento de polpa leve), 3 (incidência de escurecimento de polpa moderada) e 4 (incidência de escurecimento severa). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 15 repetições para cada nível de severidade, cada qual correspondendo a um fruto.

Para a análise mineral da polpa foi utilizada apenas a região distal (pistilar) dos frutos, removendo-se a casca e o tecido da região carpelar central. O restante da polpa foi processada com o auxílio de um mixer Braun Multiquick MR40. Em seguida, foram pesados 5,0 gramas de polpa fresca em uma balança analítica, os quais foram depositados em cadinhos de porcelana, sendo então conduzidos a um forno tipo mufla durante cinco horas, sob uma temperatura de 630 °C. Após retirar as amostras da mufla, adicionou-se às mesmas 15 mL de HCl a 1,8 N, formando o extrato original.

Para a determinação de Ca, retirou-se uma alíquota de 5 mL do extrato original e adicionou-se 5 mL de lantânio no interior de um tubo falcon de 15 mL, para então efetuar-se a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo Analyst 100, marca Perkin Elmer®.

Para a quantificação de Mg, retirou-se 2 mL do extrato original e adicionou-se 10 ml de água destilada. Desta solução diluída, pipetou-se 5 mL e adicionou-se 5 mL de lantânio, efetuando-se a leitura no mesmo aparelho utilizado para a determinação de Ca.

Para a determinação de K, uma alíquota de 1,0 mL do extrato original foi diluída em 20 mL de água destilada, procedendo-se as leituras no espectrofotômetro de absorção atômica.

Os dados da análise mineral foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para comparação entre os frutos com e sem incidência de escurecimento de polpa, a 5% de probabilidade. Para comparação entre os diferentes níveis de severidade do distúrbio,

utilizou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$). Para estes procedimentos foi utilizado o programa estatístico SAS (2002).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Ca, Mg e K na polpa, bem como as relações entre estes nutrientes não diferiram entre frutos sem e com incidência de escurecimento de polpa, tanto para os frutos submetidos ao alto CO_2 quanto ao baixo O_2 (Tabela 5). Contudo, Corrêa et al. (2012), trabalhando com maçãs 'Fuji', verificaram que existe uma relação entre os teores de Ca nos frutos, e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca, com a incidência de degenerescência de polpa após o armazenamento em AC. Por outro lado, Neuwald et al. (2008) observaram correlação positiva entre teores de K e a relação K/Ca com a degenerescência de polpa em maçãs 'Braeburn'. O K é um nutriente antagonista ao Ca, cujo efeito ocorre devido a uma competição por sítios de ligação na membrana plasmática (JAMES; JOBLING, 2009).

Os frutos com diferentes níveis de severidade de escurecimento de polpa não diferiram quanto aos atributos minerais, tanto para frutos submetidos a altas pressões parciais de CO_2 quanto para frutos submetidos a baixas pressões parciais de O_2 (Tabela 6). De acordo com Corrêa (2010), maçãs 'Fuji' com severidades mais altas de degenerescência de polpa após o armazenamento em AC apresentaram menores teores de Ca na polpa em relação a frutos com severidades mais baixas do distúrbio. Em peras asiáticas 'Paternakh', a aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio reduziu o escurecimento de polpa (MAHAJAN; DHATT, 2004). O Ca estabelece ligações iônicas com o ânion fosfato de fosfolípidos da membrana plasmática, contribuindo para estrutura e funcionalidade das membranas celulares (MIQUELOTO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013). Porém, com relação à cultura da pera europeia, ainda existem trabalhos estudando a relação dos teores de Ca, Mg e K, e das relações K/Ca e (K+Mg)/Ca, com a severidade de escurecimento de polpa.

Tabela 5– Concentrações de Ca, Mg, e K (mg kg^{-1} de massa fresca), e valores das relações K/Ca e (K+Mg)/Ca na polpa, em peras 'Rocha' com e sem escurecimento de polpa, após serem submetidas a condições de alto CO_2 e de baixo O_2 .

Incidência de escurecimento de polpa	Teores minerais			Relações minerais	
	Ca	Mg	K	K/Ca	(Mg+K)/Ca
Condição de alto CO_2 (>20 kPa)					
Sem escurecimento	74,69 ^{ns}	67,17 ^{ns}	1279,87 ^{ns}	18,32 ^{ns}	19,25 ^{ns}
Com escurecimento	81,61	65,92	1358,28	17,48	18,45
CV (%)	24,79	16,23	22,26	31,71	31,19
Condição de baixo O_2 (<0,4 kPa)					
Sem escurecimento	87,71 ^{ns}	65,71 ^{ns}	1483,82 ^{ns}	18,08 ^{ns}	18,88 ^{ns}
Com escurecimento	83,99	68,2	1456,53	19,26	20,16
CV (%)	31,57	15,82	19,2	34,99	34,48

ns: não significativo. *, ** e ***: significativo em níveis de probabilidade de 0,05; 0,01 e 0,001.

Fonte: produção do próprio autor

Apesar de tanto o escurecimento de polpa em peras, quanto à degenerescência de polpa em maçãs estarem associados à perda de integridade de membranas (SAQUET; STREIF 2006; NEUWALD et al., 2008), esse processo parece ser influenciado por alguns fatores distintos nas duas culturas, uma vez que o distúrbio na pera parece estar menos relacionado à composição mineral do fruto em relação à maçã. A suscetibilidade de peras ao escurecimento de polpa depende de diversos fatores pré-colheita (YAN et al., 2013), sendo que alguns destes podem, inclusive, apresentar variação dentro de uma mesma área, tornando determinados frutos mais suscetíveis à ocorrência do distúrbio em relação a outros, como foi verificado no presente trabalho. Fatores como características inerentes da planta, fertilidade do solo, práticas de manejo e até mesmo a posição dos frutos na árvore apresentam forte relação com a predisposição dos frutos à ocorrência de escurecimento de polpa (FRANCK et al., 2003; FRANCK et al., 2007; YAN et al., 2013).

Tabela 6– Concentrações de Ca, Mg e K (mg kg^{-1} de massa fresca), e valores das relações K/Ca e (K+Mg)/Ca na polpa, em peras 'Rocha' com diferentes níveis severidade de escurecimento de polpa, após submetidas a condições de alto CO_2 e de baixo O_2 .

Severidade de escurecimento de polpa*	Teores minerais			Relações minerais	
	Ca	Mg	K	K/Ca	(Mg+K)/Ca
Condição de alto CO_2 (>20 kPa)					
Severidade 1	74,69 ^{ns}	67,17 ^{ns}	1279,90 ^{ns}	18,32 ^{ns}	19,26 ^{ns}
Severidade 2	85,19	71,10	1431,70	17,43	18,67
Severidade 3	71,93	61,33	1300,40	18,91	20,19
Severidade 4	87,71	67,06	1279,90	16,11	16,92
CV (%)	23,99	15,16	22,36	31,75	31,09
Condição de baixo O_2 (<0,4 kPa)					
Severidade 1	87,71 ^{ns}	65,71b	1483,80 ^{ns}	18,08 ^{ns}	18,88 ^{ns}
Severidade 2	94,22	76,43a	1492,80	17,06	17,93
Severidade 3	81,91	61,91b	1518,20	20,13	20,96
Severidade 4	76,53	66,27b	1358,70	20,44	21,43
CV (%)	31,20	13,94	19,09	34,96	34,46

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* Escala de severidade de escurecimento de polpa : 1 = ausente; 2 = leve; 3 = moderada; 4 = severa.

Os atributos que são mais afetados pela pré-colheita e que estão diretamente associados ao aparecimento do escurecimento da polpa em peras são o tamanho dos frutos, as propriedades de difusão gasosa, os conteúdos de vitamina C e o teor de compostos fenólicos (LAMMERTYN et al., 2000; FRANCK et al., 2007). Schotsmans et al. (2004) citam que fatores pré-colheita afetam atributos do fruto, como o

adensamento entre as células, o que afeta diretamente a difusão de gases no interior da polpa.

De acordo com diversos autores, o escurecimento de polpa em peras armazenadas em AC possivelmente esteja associado ao teor de ácido ascórbico nos frutos, uma vez que o decréscimo no conteúdo dessa substância, bem como de outras enzimas antioxidantes, leva ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio que promovem a degradação das membranas (GALVIS-SANCHES et al., 2006; WANG; SUGAR, 2013). Segundo Franck et al. (2007), além de apresentar efeito antioxidante, o ácido ascórbico é capaz de converter *o*-quinonas novamente para fenóis, desempenhando um papel chave na incidência do escurecimento de polpa.

4.6 CONCLUSÃO

A incidência e severidade de escurecimento de polpa em peras ‘Rocha’ não apresenta relação com os teores de Ca, Mg e K, e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca na polpa dos frutos.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Para frutos produzidos na região sul do Brasil e colhidos durante a maturação comercial, o choque de frio de 15 dias a 3°C ou a aplicação de 100 ppm de C₂H₄ durante um dia são indicados para indução do amadurecimento de peras 'Rocha', pois possibilitam aos frutos o desenvolvimento de textura adequada para o consumo. O aumento do período de choque de frio, para esta temperatura, deve ser evitado, pois pode reduzir a vida pós-colheita dos frutos.

Para trabalhos futuros, sugere-se o estudo de períodos de choque de frio inferiores a 14 dias, bem como o efeito de temperaturas superiores a 3°C na qualidade dos frutos. Seria interessante avaliar também, simultaneamente, a duração do choque de frio necessária em peras que foram colhidas antes ou mesmo após a maturação comercial, de forma que um planejamento mais adequado em relação ao período e a temperatura que deverão ser utilizados no choque de frio poderão ser realizados de acordo com o estágio de maturação no qual os frutos foram colhidos. Experimentos que busquem verificar se existem diferenças para os períodos de choque de frio e de exposição ao etileno entre diferentes regiões produtoras do sul do Brasil também devem ser conduzidos.

No presente estudo, foi verificado que as condições de AC de 1,0 kPa de O₂ + 1,0 kPa de CO₂ e 1,0 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ são as mais indicadas para o armazenamento de peras 'Rocha', permitindo o amadurecimento normal dos frutos após o armazenamento prolongado. Apesar de a utilização da IPM de 2,6% não ter contribuído na manutenção da qualidade físico-química de peras 'Rocha' armazenadas em AC, seriam necessários novos estudos buscando testar a IPM a níveis superiores a 2,6%, uma vez que a perda de massa obtida no experimento pode não ter sido suficientemente alta para ocasionar efeitos benéficos nos frutos.

Para experimentos futuros seria recomendado avaliar a relação entre o ponto de colheita dos frutos e o potencial de armazenamento, bem como verificar as condições de AC mais adequadas para cada estágio de maturação. Seria interessante também realizar trabalhos ao longo dos anos, buscando observar se as condições de AC mais indicadas variam entre as diferentes safras e locais de produção.

Apesar de no presente estudo os teores de Ca, Mg e K, e as relações K/Ca e (K+Mg)/Ca, não terem apresentado clara relação com a suscetibilidade de peras 'Rocha' ao escurecimento de polpa, novos

trabalhos devem ser conduzidos neste sentido, buscando avaliar inclusive o teor de nitrogênio (N) no fruto e sua relação com o Ca. Em experimentos futuros, sugere-se observar o efeito de diferentes locais de produção sobre a suscetibilidade ao distúrbio, procurando avaliar inclusive outros atributos que possam estar relacionados com a ocorrência do escurecimento de polpa em peras 'Rocha.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAR, I.T.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. Cold storage duration influences ethylene biosynthesis and ripening of 'Bartlett' pears. **HortScience**, Alexandria, v.35, n.1, p.687-690, 2000.

ALVES, E.O.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; WEBER, A.; MIQUELOTO, A.; BRACKMANN, A. Armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia' com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.1, p.30-36, 2010.

AMARANTE, C.V.T.; MIQUELOTO, A.; FREITAS, S.T.; STEFFENS, C.A.; SILVEIRA, J.P.G.; CORRÊA, T.R. Fruit sampling methods to quantify calcium and magnesium contents to predict bitter pit development in 'Fuji' apple: A multivariate approach. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.157, p.19-23, 2013.

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

BLANKENSHIP, S.M.; RICHARDSON, D.G. Development of ethylene biosynthesis and ethylene-induced ripening in 'd' Anjou' pears during the cold requirement for ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.110, p.520-524, 1985.

BLASZCZYK, J. Influence of harvest date and storage conditions on the content of chlorophyll pigments in pear peels. **Folia Horticulturae**, Krakow, v.24, n.1, p.91-95, 2012.

BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; WEBER, A.; NEUWALD, D. A.; STEFFENS C.A. Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs 'Royal Gala' durante o armazenamento

em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.32, n.2, p.87-92, 2007.

CALVO, G.; SOZZI, G.O. Effectiveness of 1-MCP treatments on 'Bartlett' pears as influenced by the cooling method and the bin material. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.51, n.1, p.49-55, 2009.

CAVACO, A.M.; PINTO, P.; ANTUNES, M.D.; SILVA, J.M.; GUERRA, R. 'Rocha' pear firmness predicted by a Vis/NIR segmented model. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.51, n.1, p.311-319, 2009.

CHEN, P.M.; VARGA, D.M.; FACTEAU, T.J. Promotion of ripening of 'Gebhard' red 'd' Anjou' pears by treatment with ethylene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.12, n.1, p.213-220, 1997.

CHEN, P.M.; VARGA, D.M.; SEAVERT, C.F. Developing a value-added fresh-cut 'd' Anjou' pear product. **HortTechnology**, Alexandria, v.13, n.1, p.314-320, 2003.

CHIRIBOGA, M.; SCHTSMANS, W.C.; LARRIGAUDIÈRE, C.; DUPILLE, E.; RECASENS, I. How to prevent ripening blockage in 1-MCP-treated 'Conference' pears. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.91, n.1, p.1781-1788, 2011.

CORRÊA, T.R. **Qualidade de frutos e ocorrência de degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada em função das condições climáticas do pomar, porta-enxerto e da nutrição mineral**. 2010. 69p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2010.

CORRÊA, T.R.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; BRACKMANN, A.; SILVEIRA, J.P.G.; TANAKA, H.; BOTH, V. Qualidade de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada e influência do clima na degenerescência da polpa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.531-538, 2010.

CORRÊA, T.R.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; TANAKA, H.; STANGER, M.C.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P.R. Composição mineral, qualidade e degenerescência de polpa de maçãs 'Fuji' em diferentes porta-enxertos durante armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n.1, p.33-40, 2012.

COUTINHO, E.F.; MALGARIM, M.B.; SOUZA, E.L.; TREPTOW, R. O. Qualidade pós-colheita da pera (*Pyrus communis* L.) cultivar Carrick submetida a diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.417-420, 2003.

DHILLON, W.S.; MAHAJAN, B.V.C. Ethylene and ethephon induced fruit ripening in pear. **Journal of Stores Products and Postharvest Research**, Nairobi, v.2, n.3, p.45-51, 2011.

DRAKE, S.R. Elevated carbon dioxide storage of 'Anjou' pears using purge-controlled atmosphere. **HortScience**, Alexandria, v.24, n.4, p.299-301, 1994.

DRAKE, S.R.; GIX, R.D.; COUREAU, C. Quality of 'Anjou' pears after different types of controlled atmosphere storage. **Journal of Food Quality**, Oxford, v.24, n.1, p.27-36, 2001.

EKMAN, J.H.; CLAYTON, M.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. Interactions between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for 'Bartlett' pears. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.31, n.1, p.127-136, 2004.

ELGAR, H.J.; WATKINS, C.B.; MURRAY, S.H.; GUNSON, A. Quality of 'Buerre Bosc' and 'Doyenne du Comice' pears in relation to harvest date and storage period. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.10, p.29-37, 1997.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pear**. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 24 mar. 2013.

FAORO, I.D.; ORTH, A.I. A cultura da pereira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.1, p.1-2, 2010.

FONSECA, S.; MONTEIRO, L.; BARREIRO, M.G.; PAIS, M.S. Expression of genes encoding cell wall modifying enzymes is induced by cold storage and reflects changes in pear fruit texture. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.56, n.418, p.2029-2036, 2005.

FRANCK, C.; BAETENS, M.; LAMMERTYN, J.; SCHEERLINCK, N.; NICOLAÏ, B.M. Ascorbic acid mapping to study core breakdown. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.30, p.133-142, 2003.

FRANCK, C.; LAMMERTYN, J.; HO, Q. T.; VERBOVEN, P.; NICOLAÏ, B.M. Browning disorders in pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, p.1-13, 2007.

FREITAS, S.T.; AMARANTE, C.V.T.; LABAVITCH, J.M.; MITCHAM, E.J. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.57, p.6-13, 2010.

GALVIS-SÁNCHEZ, A.C.; FONSECA, S.C.; GIL-IZQUIERDO, A.; GIL, M.I.; MALCATA, F.X. Effect of different levels of CO₂ on the antioxidant content and the polyphenol oxidase activity of 'Rocha' pears

during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.86, n.1, p.509-517, 2006.

GALVIS-SÁNCHEZ, A.C.; FONSECA, S.C.; MORAIS, A.M.M.B.; MALCATA, F.X. Physicochemical and sensory evaluation of 'Rocha' pear following controlled atmosphere storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v.68, n.1, p.318-327, 2003.

GALVIS-SÁNCHEZ, A.C.; FONSECA, S.C.; MORAIS, A.M.M.B.; MALCATA, F.X. Sensorial and physicochemical quality responses of pears (cv Rocha) to long-term storage under controlled atmospheres. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.84, n.1, p.1646-1656, 2004.

GALVIS-SÁNCHEZ, A.C.; MORAIS, A.M.M.B. Effects of controlled atmosphere (CA) storage on pectinmethylesterase (PME) activity and texture of 'Rocha' pears. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.82, n.1, p.143-145, 2001.

GERASOPOULOS, D.; RICHARDSON, D.G. Storage temperature and fruit calcium alter the sequence of ripening events of 'd'Anjou' pears. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.1, p.316-318, 1999.

HIWASA K.; KINUGASA, Y.; AMANO, S.; HASHIMOTO, A.; NAKANO, R.; INABA, A.; KUBO, Y. Ethylene is required for both the initiation and progression of softening in pear (*Pyrus communis* L.) fruit. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.54, n.383, p.771-779, 2003.

HO, Q.; VERLINDEN, B.; VERBOVEN, P.; NICOLAÏ, B. Gas diffusion at different positions in the pear. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.41, p.113-120, 2006.

JAMES, H.J.; JOBLING, J.J. Contrasting the structure and morphology of the radial and diffuse flesh browning disorders and CO₂ injury of 'Cripps Pink' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.53, p.36-42, 2009.

LAMMERTYN, J., AERTS, M., VERLINDEN, B.E., SCHOTSMANS, W., NICOLAÏ, B.M. Logistic regression analysis of factors influencing core breakdown in Conference pears. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, p.25-37, 2000.

LAMMERTYN, J.; SCHEERLINCK, N.; JANCÓSÓK, P. VERLINDEN, B.E.; NICOLAÏ, B.M. A respiration-diffusion model for Conference pears I: model development and validation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.30, p.29-42, 2003.

MA, S.S., CHEN, P.M. Storage disorder and ripening behavior of 'Doyenne du Comice' pears in relation to storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.281-294, 2003.

MAHAJAN, B.V.C.; DHATT, A.S.; 2004. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behaviour and quality of Asian pear during cold storage. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.2, n.1, p. 157-159, 2004.

MIQUELOTO, A.; AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; SANTOS, A.; MIQUELOTO, T.; SILVEIRA, J.P.G. Atributos fisiológicos, físico-químicos e minerais associados à ocorrência de "bitter pit" em maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.7, p.689-696, 2011.

MURAYAMA, H.; KATSUMATA, T. HORIUCHI, O.; FUKUSHIMA, T. Relationship between fruit softening and cell wall polysaccharides in

pears after different storage periods. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.26, n.1, p.15-21, 2002.

MURAYAMA, H.; TAKAHASHI, T.; HONDA, R. FUKUSHIMA, T. Cell wall changes in pear fruit softening on and off the tree. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, n.1, p.143-149, 1998.

NEUWALD, D.A.; KITTEMANN, D.; STREIF, J. Possible prediction of physiological storage disorders in 'Braeburn' apples comparing fruit of different orchards. **Acta Horticulturae**, Wellington, n.796, p.211-216, 2008.

PEDRESCHI, R.; HERTOOG, M.; ROBBEN, J.; NOBEN, J.; NICOLAÏ, B. Physiological implications of controlled atmosphere storage of 'Conference' pears (*Pyrus communis* L.): A proteomic approach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, p.110-116, 2008.

PREDIERI, S.; GATTI, E. Effects of cold storage and shelf-life on sensory quality and consumer acceptance of 'Abate Fetel' pears. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.51, n.1, p.342-348, 2009.

PUIG, L.; VARGA, D.M.; CHEN, P.M.; MIELKE, E.A. Synchronizing ripening in individual 'Bartlett' pears with ethylene. **HortTechnology**, Alexandria, v.6, p.24-47, 1996.

RICHARDSON, D.; KUPFERMAN, E. Controlled atmosphere storage of pears. In: *Postharvest Horticulture Series*, n.16, v.2, 1997, Davis. **Proceedings...** University of California, Davis, 1997, p.31-35.

SALTA, J.; MARTINS, A.; SANTOS, R.G.; NENG, N.R.; NOGUEIRA, J.M.F.; JUSTINO, J.; RAUTER, A.P. Phenolic

composition and antioxidant activity of Rocha pear and other pear cultivars – A comparative study. **Journal of Functional Foods**, Richardson, v.2, p.153-157, 2010.

SAQUET, A.A.; STREIF, J. Fermentative metabolism in ‘Conference’ pears under various storage conditions. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.81, n.5, p.910-914, 2006.

SAQUET, A.A.; STREIF, J., BANGERTH, F. Energy metabolism and membrane lipid alterations in relation to brown heart development in ‘Conference’ pears during delayed controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.30, p.123-132, 2003.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, 2002. 200p.

SCHOTSMANS, W.; VERLINDEN, B.E.; LAMMERTYN, J.; NICOLAÏ, B.M. The relationship between gas transport properties and the histology of apple. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.84, n.1, p.1131–1140, 2004.

SEIBERT, E.; BARRADAS, C. I. N.; ARAÚJO, P. J.; BENDER, R. J. Efeito do ethephon e da frigoconservação na maturação de peras cv. Packham’s Triumph. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.55-62, 2000.

SESTARI, I.; NEUWALD, D.A.; GIEHL, R.F.H.; WEBER, A.; BRACKMANN, A. Métodos para predição de bitter pit em maçãs ‘Fuji’ e ‘Braeburn’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.1032-1038, 2009.

SILVEIRA, J.P.G.; AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; MIQUELOTO, A. KATSURAYAMA, J.M. A inibição na síntese de giberlina reduz o crescimento vegetativo em macieiras e proporciona controle de “bitter pit” nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.321-651, 2012.

SMITH, D.L.; GROSS, K.C. A family of at least seven β -galactosidase genes is expressed during tomato fruit development. **Plant Physiology**, Rockville, v.123, n.3, p.1173-1183, 2000.

STEFFENS, C. A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Taxa Respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.313-321, 2007.

STREIF, J.; SAQUET, A.A.; XUAN, H. Ca-related disorders of apples and pears. **Acta Horticulturae**, Wellington, v. 600, p. 223 - 230, 2001.

SUGAR, D.; BASILE, S.R. Ethylene treatment promotes early ripening capacity in mature ‘Comice’ pears. **HortTechnology**, Alexandria, v.16, p.89-91, 2006.

SUGAR, D.; BASILE, S.R. Integrated ethylene and temperature conditioning for induction of ripening capacity in ‘Anjou’ and ‘Comice’ pears. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.83, p.9-16, 2013.

SUGAR, D.; BASILE, S.R. Low-temperature induction of ripening capacity in ‘Comice’ and ‘Bosc’ pears as influenced by fruit maturity. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.51, n.1, p.278-280, 2009.

SUGAR, D.; EINHORN, T.C. Conditioning temperature and harvest maturity influence induction of ripening capacity in 'd'Anjou' pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.60, n.1, p.121-124, 2011.

VILLALOBOS-ACUÑA, M.; MITCHAM, E.J. Ripening of European pears: the chilling dilemma. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.49, n.1, p.187-200, 2008.

WANG, C.Y.; SAMS, C.E.; GROSS, K.C. Ethylene, ACC, soluble polyuronide, and cell wall noncellulosic neutral sugar content in 'Eldorado' pears during cold storage and ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.110, n.5, p.687-691, 1985.

WANG, Y.; SUGAR, D. Internal browning disorder and fruit quality in modified atmosphere packaged 'Bartlett' pears during storage and transit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.83, p.72-82, 2013.

WEBER, A.; BRACKMANN, A.; ANESE, R.O.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. Atmosfera controlada para o armazenamento da maçã 'Maxi Gala'. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n.2, p.294-301, 2013.

ZERBINI, P.E. The quality of pear fruit. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.596, p.805-810, 2002.