

## QUALIDADE DE PERAS ‘ROCHA’ ARMazenADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA<sup>1</sup>

MARIUCCIA SCHLICHTING DE MARTIN<sup>2</sup>, CRISTIANO ANDRÉ STEFFENS<sup>3</sup>,  
CASSANDRO VIDAL TALAMINI DO AMARANTE<sup>4</sup>, AURI BRACKMANN<sup>5</sup>,  
WANDERLEI LINKE JUNIOR<sup>6</sup>

**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’. Frutos provenientes do município de São Joaquim-SC, foram armazenados por oito meses e quinze dias a  $-0,5 \pm 0,1$  °C e UR de  $96 \pm 1\%$ . Os tratamentos foram constituídos em armazenamento refrigerado (AR; 21,0 kPa de O<sub>2</sub> + <0,03 kPa de CO<sub>2</sub>), bem como de cinco condições de AC: 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + <0,03 kPa de CO<sub>2</sub>; 2,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>; 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>; 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>; e 1 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> + IPM de 2,6%. O AR 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 equilíbrio doçura/acidez. Os frutos mantidos em AR e em AC, com pressão parcial de CO<sub>2</sub> de <0,03 kPa, apresentaram maior firmeza de polpa e de força para penetração da polpa após sete dias de exposição dos frutos em 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<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub> e 1 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> proporcionam melhor manutenção da qualidade de peras ‘Rocha’, permitindo o amadurecimento normal dos frutos após o armazenamento prolongado.

**Termos de indexação:** *Pyrus communis*, armazenamento, textura, firmeza de polpa, amadurecimento.

## QUALITY OF ‘ROCHA’ PEARS STORED IN CONTROLLED ATMOSPHERE

**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the effect of different controlled atmosphere (CA) conditions and induction of mass loss (IML) on fruit quality of ‘Rocha’ pears. Fruit were harvested in São Joaquim, SC, and then stored for eight months and fifteen days at  $-0.5 \pm 0.1$  °C and  $96 \pm 1\%$  RH. The treatments evaluated were air storage (AS; 21.0 kPa O<sub>2</sub> + <0.03 kPa CO<sub>2</sub>), and five controlled atmosphere (CA) conditions: 1.0 kPa O<sub>2</sub> + <0.03 kPa CO<sub>2</sub>; 2.0 kPa O<sub>2</sub> + 1.0 kPa CO<sub>2</sub>; 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 1.0 kPa CO<sub>2</sub>; 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub>; and 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub> + 2.6% IML. Air storage provide fruits with yellower skin, lower soluble solids content, lower titratable acidity, and low acceptance in sensory tests for texture and sweetness/acidity. Fruits stored at low CO<sub>2</sub> partial pressure (<0.03 kPa) showed higher flesh firmness and higher force required to penetrate the flesh after seven days of shelf life than the other treatments, and the fruit did not develop the buttery texture suitable for consumption. There was no incidence of flesh browning in any storage conditions evaluated. The IML of 2.6% had no effect on fruit quality. The CA conditions of 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 1.0 kPa CO<sub>2</sub> and 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub> provided the best quality of ‘Rocha’ pears, allowing normal fruit ripening after long term storage.

**Index terms:** *Pyrus communis*, storage, texture, flesh firmness, ripening.

<sup>1</sup>(Trabalho 017-14). Recebido em: 16-01-2014. Aceito para publicação em: 22-01-2014.

<sup>2</sup>Doutoranda em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, CAV/UEDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, CEP 88520-000, Lages-SC. **Autor para correspondência.** E-mail: mariucciasdm@hotmail.com

<sup>3</sup>Dr., Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Prof do Depto. de Agronomia, CAV/UEDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, CEP 88520-000, Lages-SC. E-mail: a2cs@cav.udesc.br

<sup>4</sup>Ph.D., Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Prof do Depto. de Agronomia, CAV/UEDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, CEP 88520-000, Lages-SC. E-mail: amarante@cav.udesc.br

<sup>5</sup>Dr., Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq, Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), CEP 99105-900. Santa Maria-RS. E-mail: brackman@ccr.ufsm.br

<sup>6</sup>Mestrando em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), CEP 99105-900. Santa Maria-RS. E-mail: wandolinke@hotmail.com

## 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 à 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 amanteigada, adequada para o consumo.

O armazenamento em atmosfera controlada (AC) é um método que tem sido utilizado para preservar a qualidade dos frutos durante longos períodos de armazenamento (GALVIS-SÁNCHEZ et al., 2004; WEBER et al., 2013). Porém, sob condições impróprias de AC, podem ocorrer 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  $\text{CO}_2$  e baixas pressões parciais de  $\text{O}_2$  por períodos mais longos de armazenamento tendem a favorecer a incidência de escurecimento de polpa em peras europeias (SAQUET; STREIF, 2006).

As melhores condições para o armazenamento de peras europeias diferem entre as cultivares, sendo utilizadas pressões parciais que variam de 1-3 kPa de  $\text{O}_2$  e 0-5 kPa de  $\text{CO}_2$ , com temperaturas entre -1 e 0 °C (VILLALOBOS-ACUÑA; MITCHAM, 2008). Para peras 'Conference', frutos armazenados a -0,5°C podem ser armazenados por até seis meses em condição de AC de 2 kPa de  $\text{O}_2$  e 1 kPa de  $\text{CO}_2$ , e por apenas três meses em AR (CHIRIBOGA et al., 2011). Peras 'Bartlett', armazenadas sob condições de 1 a 1,5 kPa de  $\text{O}_2$ , podem apresentar redução no processo de amadurecimento e na incidência de

distúrbios fisiológicos, prolongando assim o período de armazenamento. Entretanto, o aumento do  $\text{CO}_2$  para pressões parciais superiores a 1 kPa na atmosfera de armazenamento pode aumentar a incidência de escurecimento de polpa, em frutos mais suscetíveis à ocorrência do distúrbio (EKMAN et al., 2004).

Galvis-Sánchez e Morais (2001) verificaram que peras 'Rocha' produzidas em Portugal e armazenadas em 2 kPa de  $\text{O}_2$  e 1,5 kPa de  $\text{CO}_2$ , a uma temperatura de 0 °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. Embora sejam conhecidas as condições adequadas de AC para o armazenamento de pera 'Rocha' produzida em Portugal, o clima e o local de crescimento apresentam influência sobre o metabolismo do fruto, o que pode interferir na capacidade e nas condições adequadas de armazenamento (FRANCK et al., 2007; CORRÊA et al., 2010). Para peras 'Rocha' produzidas na região Sul do Brasil, até o momento, ainda não há informações quanto aos níveis de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  mais adequados para o armazenamento em AC.

Técnicas complementares aos sistemas de armazenamento, como a indução da perda de massa (IPM), também podem contribuir para a 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 (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.

## 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.

No momento da colheita, que foi definida de acordo com a realizada pelo pomar comercial, efetuou-se uma análise inicial de três amostras de 15 frutos, para a determinação do estágio de maturação das peras, as quais apresentavam  $h^\circ$  da casca de 107,72; firmeza de polpa de 67,2 N; SS de 10,1 °Brix, e AT de 0,63% de ácido málico.

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 armazenamento refrigerado (AR; 21,0 kPa de  $O_2$  + <0,03 kPa de  $CO_2$ ), bem como cinco condições de armazenamento em AC: 1,0 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%. Os frutos foram armazenados durante oito meses e quinze dias, a  $-0,5\pm 0,1^\circ C$  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  $O_2$  no ambiente de armazenamento, com injeção de  $N_2$ , proveniente de um gerador deste gás, que utiliza o princípio "Pressure Swing Adsorption" (PSA), e posterior injeção de  $CO_2$ , proveniente de cilindros de alta pressão, até atingir o nível preestabelecido, nos tratamentos com  $CO_2 > 0,03$  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 a obtenção da IPM previamente estabelecida de 2%. A água foi absorvida, utilizando-se de um recipiente, colocado no interior da minicâmara, contendo uma quantidade conhecida e parcialmente exposta de cloreto de cálcio ( $CaCl_2$ ). 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%.

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 ( $20\pm 5^\circ C$  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, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (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' ( $h^\circ$ ), 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  $h^\circ$  apresentam as seguintes correspondências quanto às cores da superfície do tecido vegetal:  $0^\circ$ /vermelho,  $90^\circ$ /amarelo,  $180^\circ$ /verde e  $270^\circ$ /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 com 7,9 mm de diâmetro.

Para a determinação dos atributos de textura (N), foi utilizada uma adaptação da metodologia descrita por Stanger et al. (2014). As análises foram realizadas com o auxílio de um 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 da 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 a titulação das amostras foi utilizado um titulador automático TitroLine® easy (Schott Instruments).

Os teores de SS (°Brix) foram determinados em um refratômetro digital modelo PR201α (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 de 7,3 L, com fechamento hermético. As taxas respiratórias e de produção de etileno foram obtidas pela diferença da concentração de  $\text{CO}_2$  e  $\text{C}_2\text{H}_4$ , 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 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  $\text{min}^{-1}$ , respectivamente.

Para a análise sensorial, foi utilizado um teste de aceitação por escala hedônica, em que o provador 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, 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 ( $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ) 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 (SAS INSTITUTE INC.).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos em AR apresentaram cor da casca menos verde (menor  $h^a$ ) do que os frutos armazenados em AC, para ambas as datas de avaliação (Tabela 1). Em comparação com AR, a AC é mais eficiente na manutenção da cor verde da casca de peras devido à redução na degradação de clorofilas (BLASZCZYK, 2012). Ma e Chen (2003) e Galvis-Sánchez et al. (2003) observaram que o menor amarelecimento das peras armazenadas em AC está associado, principalmente, com a redução das pressões parciais de  $\text{O}_2$  no interior das câmaras.

Após oito meses e meio de armazenamento, na avaliação realizada na saída da câmara, os frutos armazenados em AC com 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + 1,0 kPa de  $\text{CO}_2$  apresentaram-se mais firmes em relação aos frutos do AR, porém não diferindo dos frutos mantidos nas demais condições de AC (Tabela 1). 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  $\text{O}_2$  e alto  $\text{CO}_2$  (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  $\text{CO}_2$  (AR e AC com 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + <0,03 kPa de  $\text{CO}_2$ ) (Tabela 1). Os frutos armazenados na condição de 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$  + IPM apresentaram menor firmeza de polpa com relação aos demais tratamentos, não diferindo apenas da condição de 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$ . Os resultados demonstram que o aumento das pressões parciais de  $\text{CO}_2$  contribuiu para 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 com 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> apresentarem maior redução na firmeza, apenas os frutos armazenados nesta condição com IPM apresentaram firmeza média inferior a 23N, considerada ideal para o consumo, por caracterizar uma textura amanteigada (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. Galvis-Sánchez et al. (2004) também 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 O<sub>2</sub> + 1,5 kPa de CO<sub>2</sub>, corroborando os resultados do presente trabalho.

A força para a ruptura da casca foi diferente entre tratamentos apenas após sete dias de exposição em condição ambiente, tendo os frutos em AR apresentado maiores valores em relação aos frutos em AC (Tabela 1). Frutos nas condições de AC com 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> + IPM apresentaram menor força para a ruptura da casca, em relação às demais condições de AC avaliadas. Com relação à força para a penetração da polpa, os frutos armazenados nas condições de AC com 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram maiores valores na saída da câmara, porém diferindo apenas dos frutos mantidos em AR (Tabela 1). Contudo, após sete dias em condição ambiente, os frutos mantidos em AC com 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram os menores valores de força para a penetração da polpa, não diferindo apenas do tratamento 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>. Os maiores valores de força para a penetração da polpa, após sete dias, foram obtidos pelos tratamentos com <0,03 kPa de CO<sub>2</sub>, seguido pelos frutos armazenados em 2 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>. Assim como nos resultados obtidos para a firmeza da polpa, o aumento do CO<sub>2</sub> contribuiu para a manutenção da qualidade dos frutos, retardando a perda de firmeza durante o armazenamento, e proporcionando a perda de firmeza da polpa durante o período de prateleira, característica do processo normal de amadurecimento em peras europeias. Possivelmente, os frutos armazenados em AR e em AC com 1 kPa de O<sub>2</sub> + <0,03 kPa de CO<sub>2</sub> e 2 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub>, já se encontravam mais próximos ao estágio de senescência, em relação aos frutos armazenados em AC com 1,0 kPa de O<sub>2</sub> e 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>. 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 amanteigada. Galvis-Sánchez e Morais (2001) associaram a perda da capacidade de amadurecimento em peras 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 maior atividade da PME em frutos armazenados sob 2 kPa de O<sub>2</sub> + 1,5 kPa de CO<sub>2</sub>, em relação a frutos mantidos em AR ou sob condições de 4 kPa de O<sub>2</sub> + 0,5 kPa de CO<sub>2</sub>. 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 em temperatura ambiente, frutos em AR apresentaram menores valores de AT (Tabela 2). Na saída da câmara, não houve diferenças na AT entre tratamentos em AC, mas após sete dias em condições ambiente, os frutos armazenados sob 1 kPa de O<sub>2</sub> + <0,03 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram menor AT em relação aos frutos armazenados nas condições de 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> + IPM. Os maiores valores de AT nos frutos armazenados nestas condições, possivelmente, estão relacionados ao menor consumo de ácidos, pois maiores pressões parciais de CO<sub>2</sub> reduzem a atividade respiratória dos frutos (STEFFENS et al., 2007). Drake (1994), trabalhando com peras 'Anjou', observou que frutos armazenados a 3 kPa de CO<sub>2</sub> sofreram menores perdas no conteúdo de ácidos após oito dias em condições ambiente que frutos armazenados a 1 kPa de CO<sub>2</sub>. Não houve diferença quanto à AT entre os frutos armazenados com ou sem IPM, na condição de 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> (Tabela 2). Weber et al. (2013) também não encontraram diferença na AT com o aumento da perda de massa fresca em maçãs 'Maxi Gala'.

Não houve diferença no teor de SS dos frutos entre as condições de armazenamento, na saída da câmara (Tabela 2). Porém, após sete dias em condições ambiente, os frutos das condições de AC de 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> + IPM apresentaram maiores valores de SS em relação aos frutos mantidos em AR. É possível que os frutos em AR já estivessem senescentes, uma vez que os teores de SS de peras europeias tendem a decrescer nesse período. Drake

(1994) verificou que o aumento nas concentrações de  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ . A IPM não aumentou os teores de SS nos frutos. Weber et al. (2013) também não verificaram efeito da IPM de 3,5% sobre o conteúdo de SS de maçãs ‘Maxi Gala’.

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  $\text{O}_2$  + 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$ , pode ter sido influenciada por fatores como o manejo do pomar, condições climáticas, ponto de colheita dos frutos e até mesmo por características inerentes à cultivar (FRANCK et al., 2007; CORRÊA et al., 2010). Segundo Salta et al. (2010), a pera ‘Rocha’ apresenta capacidade antioxidante superior às 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 com uma firmeza de polpa mais elevada, como os frutos utilizados no presente trabalho (67,2 N), tendem a ser 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 2). 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. Frutos do tratamento com 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$  apresentaram menor taxa de produção de etileno em relação àqueles em 2,0 kPa de  $\text{O}_2$  + 1,0 kPa de  $\text{CO}_2$  e 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + <0,03 kPa de  $\text{CO}_2$ . A menor taxa de produção de etileno pode estar relacionada ao efeito inibitório do  $\text{CO}_2$  na ação do etileno, reduzindo assim sua produção autocatalítica (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). Menores pressões parciais de  $\text{O}_2$  também tendem a diminuir a produção de etileno, devido à redução na atividade da ACC oxidase (WEBER et al., 2013). A IPM não causou redução na taxa de produção de etileno (Tabela 2), o que também foi reportado por Alves et al. (2010), em ameixas ‘Laetitia’. Não houve diferença na taxa de produção de etileno dos frutos entre os tratamentos, após sete dias de manutenção dos frutos em temperatura

ambiente.

Após a saída da câmara, os frutos armazenados em 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$  + IPM apresentaram menor taxa respiratória em relação aos frutos armazenados em AR e AC com 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + <0,03 kPa de  $\text{CO}_2$  (Tabela 2). Alguns autores afirmam que a IPM em AC é eficiente na redução da atividade respiratória, uma vez que ela tende a diminuir a 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  $\text{O}_2$  + 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$ ). Os frutos do AR apresentaram maior atividade respiratória em relação aos armazenados em 1,0 ou 2,0 kPa de  $\text{O}_2$ , indicando que a redução nas pressões parciais de  $\text{O}_2$  diminuiu a respiração dos frutos. Possivelmente, o baixo  $\text{O}_2$  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, frutos em AR apresentam maior taxa respiratória em relação a frutos em 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + <0,03 kPa de  $\text{CO}_2$ , 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 3). 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 2). 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 do tratamento com 1,0 kPa de  $\text{O}_2$  + 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$  + IPM apresentaram valores mais próximos à categoria “gostei”.

A condição de AR proporcionou alta porcentagem de frutos com sabores estranhos (68,42%), enquanto nos frutos submetidos ao armazenamento em AC isto não foi observado (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  $\text{O}_2$  + 1,0 kPa

de CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub> + IPM apresentaram as maiores notas na avaliação sensorial com relação ao atributo textura, sendo superiores ao tratamento em AR (Tabela 3). 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 foi percebida pelos julgadores nas avaliações sensoriais. O sabor das peras depende de um equilíbrio de açúcares, ácidos, compostos fenólicos e compostos aromáticos, com um número adicional de fatores, principalmente a textura, que influencia muito na aceitação dos consumidores (ZERBINI, 2002). Em painéis

sensoriais realizados com 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 'Abate Fetel', armazenadas por seis meses em AR a -1 °C, 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.

**TABELA 1** - 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 (-0,5±0,1 °C e UR de 96±1%), seguidos de zero (saída da câmara) e sete dias em condições ambiente (20±5 °C e UR de 63±2%).

O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (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 <sup>ns</sup>	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	93,1a	6,8b	2,42ab	35,6a
2 + 1	92,7a	6,4b	2,16bc	28,9b
1 + 1	93,6a	6,3b	1,98cd	27,5bc
1 + 2	94,3a	4,9c	1,70d	24,0cd
1 + 2 + IPM*	91,7a	5,2c	1,66d	20,9d
CV (%)	1,4	5,2	7,1	36,8

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

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

**TABELA 2** - 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 (-0,5±0,1 °C e UR de 96±1%), seguidos de zero (saída da câmara) e sete dias em condições ambiente (20±5 °C e UR de 63±2%).

O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (kPa)	Acidez titulável (%)	Sólidos solúveis (°Brix)	Produção de etileno (ηmol C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	Taxa respiratória (ηmol CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )
Saída da câmara				
21,0 + <0,03 (AR)	0,08b	10,6 <sup>ns</sup>	0,06d	203,8a
1,0 + <0,03	0,13a	10,7	0,22a	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 <sup>ns</sup>	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	4,8	18,2	17,3

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

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

**TABELA 3** - Escores médios dos atributos sensoriais de peras 'Rocha' armazenadas em diferentes condições de armazenamento, por oito meses e quinze dias (-0,5±0,1 °C e UR de 96±1%), e avaliadas após sete dias em condições ambiente (20±5 °C e UR de 63±2%).

O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (kPa)	Atributo	
	Doçura/Acidez	Textura
21,0 + <0,03 (AR)	2,00b	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 (%)	26,5	24,7

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%.

## CONCLUSÕES

O armazenamento de peras 'Rocha', por oito meses e meio, sem controle dos gases atmosféricos, é inviável, pois ocasiona baixa aceitabilidade e perda da capacidade de desenvolver textura própria para o consumo.

O armazenamento de peras 'Rocha', por oito meses e meio, em condições de AC, com 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 1,0 kPa de CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>, mantém a qualidade e permite o amadurecimento normal dos frutos, sem ocasionar a incidência de escurecimento de polpa.

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, com 1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>.

## REFERÊNCIAS

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.

- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.1-25, 2003.
- 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, MG, 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.
- CHIRIBOGA, M.; SHTSMANS, 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.1781-1.788, 2011.
- 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.
- 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.
- 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.
- FRANCK, C.; LAMMERTYN, J.; HO, Q. T.; VERBOVEN, P.; NICOLAÏ, B.M. Browning disorders in pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.43, n.1, p.1-13, 2007.
- 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.1.646-1.656, 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.
- 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, n.1, p.25-37, 2000.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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, n.1, 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.
- STANGER, M.C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; CORRÊA, T.R.; TANAKA, H. Qualidade pós-colheita de ameixas 'Camila' e 'Laetitia' colhidas em diferentes estádios de maturação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.2, p.214-221, 2014.
- 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.1, p.313-321, 2007.
- 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.
- 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.